



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA EM UM TRECHO DA  
RODOVIA RSC-287 ENTRE VENÂNCIO AIRES E SANTA CRUZ DO  
SUL - RS**

Anderson Renan Schuster

Lajeado, novembro de 2020

Anderson Renan Schuster

**AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA EM UM TRECHO DA  
RODOVIA RSC-287 ENTRE VENÂNCIO AIRES E SANTA CRUZ DO  
SUL - RS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Ma. Carolina Becker Pôrto Fransozi

Lajeado, novembro de 2020.

Anderson Renan Schuster

**AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA EM UM TRECHO DA  
RODOVIA RSC-287 ENTRE VENÂNCIO AIRES E SANTA CRUZ DO  
SUL - RS**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari– UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Prof<sup>ª</sup>. Ma. Carolina Becker Pôrto Fransozi –  
orientadora  
Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES

Prof. Dr. João Rodrigo Guerreiro Mattos  
Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES

Prof. Me. Matheus Lemos Nogueira  
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Lajeado, 30 novembro de 2020.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelos valores morais e éticos, pela educação, e por desejar sempre o melhor para mim.

À minha namorada, Luana, pelo companheirismo, motivação e apoio incondicional nesta etapa e ao longo da minha vida.

À minha professora orientadora, Carolina, pela disposição e conhecimentos compartilhados ao longo deste trabalho e demais disciplinas realizadas.

Aos demais professores que estiveram presentes ao longo da minha carreira estudantil compartilhando aprendizado e experiência.

Aos amigos e colegas, pela amizade, pelo companheirismo e pelos momentos de lazer compartilhados ao meu lado.

## RESUMO

Estudos de segurança viária são fundamentais para intervenção em rodovias que apresentam níveis elevados de ocorrências de acidentes. Em função disso, avaliou-se um trecho de 23 quilômetros da Rodovia RSC-287 entre Venâncio Aires - RS e Santa Cruz do Sul - RS, com o objetivo de avaliar a segurança viária, a partir do Método de Identificação de Segmentos Críticos (DNIT, 2010) e pelo Método de Avaliação da Segurança Potencial (NODARI, 2003). Com dados de acidentalidade fornecidos pela Comando Rodoviário da Brigada Militar, obteve-se um resultado de 3 pontos críticos, localizados nos quilômetros 78, 86 e 97 do trecho, conforme a metodologia do DNIT (2010). Já para a metodologia de Nodari (2003), o qual obteve-se em campo os dados de 34 características físicas da via, 11 quilômetros foram classificados como potencialmente seguro e 12 quilômetros foram identificados como potencialmente razoavelmente seguro. A partir da avaliação viária-ambiental, propôs-se sugestões para melhoria da segurança viária, tais como a inserção de novos projetos de interseções, certos reparos no pavimento asfáltico, remarcação de faixas de sinalização em alguns pontos, recolocação de sinalizações verticais em más condições de visibilidade, inserção de passarelas, introdução de sinalização vertical e defensas metálicas em curvas, além da limpeza da vegetação lindeira a via. Ainda, notou-se que a duplicação da via é de suma importância e deve ocorrer urgentemente para melhoria da segurança viária.

**Palavras-chave:** Segurança viária, RSC-287, Método ISP, Método DNIT.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1 Problema de pesquisa	8
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo geral	9
1.2.2 Objetivos específicos	9
1.3 Justificativa da pesquisa	9
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
2.1 Rodovias Brasileiras	11
2.1.1 Condições de infraestrutura de rodovias nacionais	11
2.1.2 Acidentes	13
2.3 Segurança viária	16
2.3.1 Influência das características da via na segurança viária	16
2.3.1.1 Superfície do pavimento	17
2.3.1.2 Curvas	18
2.3.1.3 Interseções	18
2.3.1.4 Sinalização horizontal e vertical	19
2.3.1.5 Elementos longitudinais	20
2.3.1.6 Seção transversal	21
2.3.1.7 Vulnerabilidade de usuários	22
2.3.1.8 Laterais da via	22
2.3.2 Forgiven Roads	24
2.3.3 Programas de segurança viária	25
2.3.3.1 Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários (ISP)	26
2.3.3.2 Método de identificação de segmentos críticos do DNIT	27
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>29</b>
3.1 Caracterização da área de estudo	29

<b>3.1.1 Rodovia RSC-287</b>	<b>31</b>
<b>3.1.2 Trecho analisado da rodovia</b>	<b>32</b>
<b>3.2 Obtenção de dados e aplicação de metodologias</b>	<b>36</b>
<b>3.2.1 Método de identificação de pontos críticos do DNIT</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2 Método de Segurança Potencial (ISP)</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Avaliação da correlação entre os métodos</b>	<b>41</b>
<b>3.4 Proposta de melhorias</b>	<b>42</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Método de Identificação de Segmentos Críticos</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Método de Avaliação da Segurança Potencial</b>	<b>47</b>
<b>4.3 Correlação entre o Método de Identificação de Segmentos Críticos e o Método de Avaliação da Segurança Potencial</b>	<b>53</b>
<b>4.4 Propostas de melhorias</b>	<b>55</b>
<b>4.4.1 Duplicação</b>	<b>63</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário, no Brasil, é o principal modo de transporte de cargas. Uma rodovia é capaz de alterar os padrões socioeconômicos de determinada região, seja por meio de produtos de importação ou exportação. Devido a isso, as grandes empresas normalmente tendem a se instalar em laterais de rodovias, em função da facilidade de emissão ou recebimento de mercadorias de outros locais (PEREIRA et al., 2015).

No período entre 2010 e 2017, houve um acréscimo de 34% na frota de veículos em rodovias federais brasileiras (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL - IPPUR, 2019). Em 2017, houveram 89.396 acidentes, cerca de 65% destes com vítimas, e quase 7% contendo fatalidade (POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL - PRF, 2018). Por este motivo, a preocupação em torno da segurança viária é vista de forma constante pela Organização Mundial da Saúde. Apesar do volume de mortes ter se estabilizado desde 2007, ainda é considerada como a nona maior causa de mortes no mundo (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS, 2015), já considerando a população mais jovem, é a principal causa de mortes. Em função disso, os acidentes de trânsito são considerados um problema público significativo (SOUZA, 2012).

DNIT/UFSC/NEA (2006) informam que um acidente é decorrência de um conjunto de fatores causais. Um estudo realizado por AUSTROADS (1994) demonstra que a porcentagem de acidentes ocorridos devido ao fator viário-ambiental é de 28%. Porém, deste percentual, 24% dos acidentes são responsabilizados conjuntamente com o componente humano, e 4% são efeitos apenas do fator viário-ambiental. É importante ressaltar que o



estudo foi realizado na Austrália, podendo, desta forma, conter fatores influenciadores diferentes dos encontrados no Brasil.

A situação das rodovias brasileiras é precária, dados da Confederação Nacional de Transportes - CNT (2019) apontam que 75% da malha rodoviária brasileira apresenta pontos críticos que afetam a segurança da via, tais como buracos, erosões e até pontes caídas. Os investimentos federais em infraestrutura rodoviária em 2019 diminuíram cerca de 63% em relação à 2010, ano em que se teve o maior valor de investimento desde 2001. Já o orçamento previsto para 2020 é cerca de 75% menor que o montante utilizado em 2010. A CNT estima que os 5,29 bilhões de reais previstos de investimentos para 2020 são insuficientes até para manutenção das vias existentes, para o qual seriam necessários 15,8 bilhões.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade da realização de estudos nas rodovias nacionais, para apontar possíveis causas de acidentes e quais poderiam ser suas soluções. Para isso, a segurança viária busca compreender os fatores causadores de acidentes, utilizando métodos e medidas corretivas para reduzir o risco de acidentes em ambientes de tráfego de veículos e/ou pedestres.

Em função disso, existem propostas de metodologias que buscam conduzir os profissionais à analisar a segurança viária. Tais como o Método de Avaliação de Segurança Potencial (ISP) que tem o objetivo de avaliar as características físicas da rodovia através do componente viário-ambiental. Este método sugere que se avalie 34 itens, tais como incidência de buracos, qualidade do pavimento, correta sinalização vertical e horizontal, entre outros (NODARI, 2003). Outra metodologia é a do Método de Identificação de Trechos Críticos do DNIT (2010) que consiste na análise da segurança viária por meio de acidentes ocorridos em determinados segmentos.

## **1.1 Problema de pesquisa**

Como se encontra o nível de segurança viária no trecho entre os quilômetros 75+000 e 98+000 da rodovia RSC-287, levando em conta os Métodos ISP, através de características físicas, e do DNIT, através do número de ocorrência de acidentes?

## **1.2 Objetivos**

Os objetivos que nortearam o trabalho estão listados a seguir.

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a segurança viária em um trecho da RSC-287, entre os quilômetros 75+000 e km 98+000, compreendidos entre o perímetro rural de Venâncio Aires - RS e Santa Cruz do Sul - RS.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

São objetivos específicos deste trabalho:

- a) Definir os segmentos homogêneos dentro do trecho analisado;
- b) Avaliar o trecho segundo o Método de Identificação de Segmentos Críticos do DNIT;
- c) Determinar o Índice de Segurança Potencial (ISP) no trecho de estudo da rodovia RSC-287;
- d) Comparar os indicadores do ISP e do Método de Identificação de Segmentos Críticos do DNIT para verificar a correlação entre ambos;
- e) Propor melhorias na segurança viária.

## **1.3 Justificativa da pesquisa**

A quantidade de acidentes com fatalidades ocorridos no Brasil em 2017 foi 6.257, além de que o custo de acidentes é um fator relevante para os gastos governamentais com saúde, conforme dados da PRF (2018). Em uma estimativa de custos de acidentes realizada pelo INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA (2015), o tratamento

de pessoas feridas, de acidentes com fatalidade e sem fatalidade em rodovias federais no ano de 2017 resultou em um custo total de R\$ 11,56 bilhões.

Conforme dados do Comando Rodoviário da Brigada Militar - CRBM (2020), em um trecho de 23 km da rodovia RSC-287, do quilômetro 75 ao 97, ocorrem por ano aproximadamente 69 acidentes, considerando os dados dos últimos 5 anos, 2015 a 2019. Com destaque ao km 78, que está localizado no trevo de acesso principal à Venâncio Aires, com média de 11 acidentes anuais.

A malha rodoviária federal brasileira possui uma extensão de 75.800 quilômetros (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2019). Ainda, conforme a CNT (2019), a incidência de acidentes em rodovias Federais no ano de 2018 foi de 69.200 ocorrências. Logo, a acidentalidade média em rodovias federais é de 0,91 acidentes por quilômetro ao ano. Já no trecho analisado, a ocorrência é de 3 acidentes por quilômetro, anualmente, uma diferença de 329%.

Diante do exposto, este trabalho justifica-se devido à importância da segurança viária no contexto regional e global, visto que a carência desta promove a ocorrência de acidentes e fatalidades, além de aumentar o gasto público em consequência dos mesmos.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico referente a acidentes, estrutura das vias brasileiras, segurança viária e metodologias de análise da segurança viária, assuntos que são considerados necessários para entendimento e desenvolvimento desta pesquisa.

### **2.1 Rodovias Brasileiras**

A malha viária brasileira é composta por rodovias federais, estaduais, municipais, concedidas ou não. As políticas de operação e manutenção, bem como suas distintas jurisdições, fazem com que os profissionais administram seu segmento de diferentes maneiras (RODRIGUES, 2010).

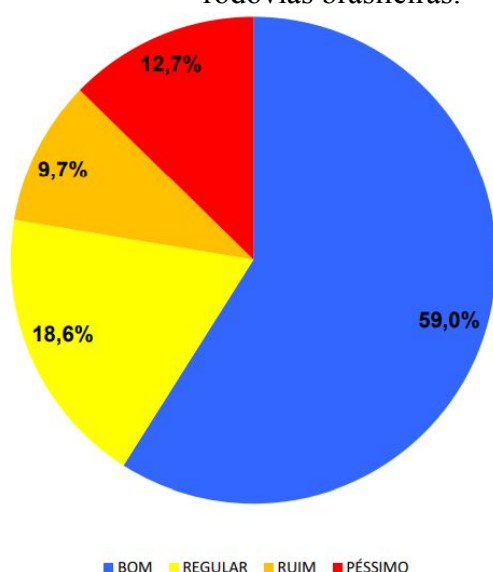
#### **2.1.1 Condições de infraestrutura de rodovias nacionais**

Conforme Rodrigues (2010), o Brasil decidiu desenvolver sua economia e sociedade por meio do transporte rodoviário, optando por realizar menores investimentos em outros tipos de modais. Tal decisão trouxe bastante mobilidade e agilidade no transporte, por outro lado, elevados custos econômicos e ambientais, bem como um alto número de acidentes. A CNT (2019) demonstra que o transporte de cargas por meio de rodovias representa 61% da matriz brasileira de transporte de mercadorias, e 95% do transporte de passageiros.

Um levantamento realizado pelo Departamento de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2018) aponta que cerca de 23% da malha rodoviária brasileira pavimentada pode ser

considerada em ruim ou péssimo estado de conservação, conforme pode ser observado no Gráfico 1. Já o levantamento realizado no Estado do Rio Grande Do Sul resultou em condições piores, com cerca de 30% da malha viária avaliada em ruim ou em péssimo estado de conservação, e apenas 38% em bom estado. Ainda, é importante ressaltar que, conforme Rodrigues (2010), apenas 12% da malha viária brasileira é pavimentada, concentrada principalmente em rodovias federais e estaduais.

Gráfico 1 - Índice de Condição de Manutenção (ICM) em rodovias brasileiras.



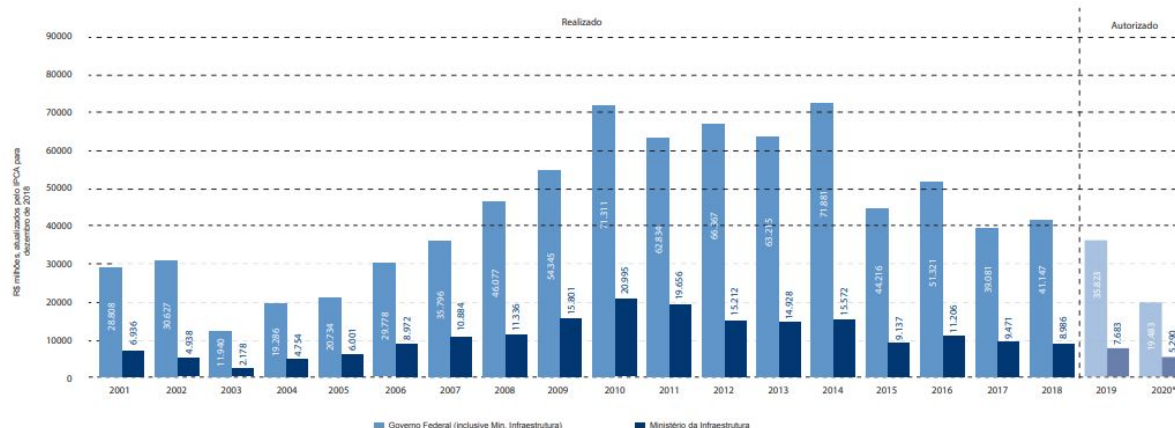
Fonte: Departamento de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2018).

Segundo a CNT (2019), 59% da malha viária pavimentada apresenta problemas e foram considerados segmentos regulares, ruins ou péssimos. Conforme a mesma, o principal problema está na geometria da via. O número de pontos críticos aumentou 75% em relação ao ano anterior, 2018. Os pontos críticos citados são circunstâncias que podem causar graves acidentes, tais como barreiras, pontes caídas e buracos grandes.

Em relação às rodovias concedidas, conforme a CNT (2019), houve uma leve piora no estado de conservação em relação ao ano anterior, 2018. Porém, dentre todas as rodovias analisadas no estudo, as dez melhores vias ranqueadas são administradas pelo setor privado, todas localizadas em São Paulo. Já nas dez piores colocações, todas são geridas pelo setor público.

O orçamento público para investimentos em infraestrutura vem reduzindo desde 2010. Em 2020, o valor previsto repassado para o DNIT e outros órgãos do Ministérios de Infraestrutura foi de R\$ 5,29 bilhões (Gráfico 2), uma redução de 31,11% em relação à 2019, e uma redução de 74,8% em relação a 2010, ano de maior investimento dentre os últimos 20 anos. Porém, a queda de investimentos não é só no Ministério de Infraestrutura, a redução de investimentos por parte do governo federal para 2020 é a terceira menor dentre os últimos 20 anos (CNT, 2019).

Gráfico 2 - Investimentos anuais do Governo Federal e do Ministério da Infraestrutura.



Fonte: Confederação Nacional do Transporte - CNT (2019).

Considerando estes dados, é de se esperar uma piora na qualidade dos pavimentos rodoviários, o que pode acarretar em danos na frota e acidentes, causando prejuízos financeiros e até mesmo perda de vidas.

### 2.1.2 Acidentes

Acidente é um evento independente do desejo humano causado por uma força externa, que deixa ferimentos físicos e mentais (GOLD, 1998). Para Pline (1992) o acidente de trânsito é uma falha do sistema rodovia/veículo/motorista, durante a execução errônea de uma ou mais operações necessárias para a execução da viagem.

Com infraestrutura desfavorável, a grande demanda das estradas, a frota de veículos aumentando gradativamente e o alto número de volume de tráfego em rodovias intensifica a

disputa pelo espaço físico entre usuários do sistema de trânsito, que pode ocasionar um maior número de acidentes no Brasil (MACÊDO, 2006).

Segundo Sampedro (2006) a quantidade de ocorrência de acidentes em vias urbanas é mais significativa se comparada às rodovias, porém, a severidade de acidentes em rodovias é maior devido à maior velocidade atingida. Além disso, como há poucos fatores de risco, o condutor dirige com menos cautela, ocorrendo desta forma acidentes com maior grau de ferimento ou fatalidades, no caso de vias rurais.

Conforme informações disponibilizadas no site do Comando Rodoviário da Brigada Militar (2020), a classificação de acidentes é realizada em 13 categorias, apresentadas e conceituadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de acidentes

Tipo de acidente	Características
Colisão	É o impacto entre dois veículos em movimento.
Colisão frontal	Colisão quando os veículos se movimentam em mesma direção, porém com sentidos opostos.
Colisão traseira	Ocorre quando há colisão entre a frente de um veículo com a traseira de outro.
Colisão lateral	Colisão que ocorre lateralmente, quando os veículos transitam em mesma direção, podendo ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos.
Colisão transversal	Ocorre quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente.
Tombamento	Quando o veículo imobiliza-se sobre uma de suas laterais, traseira ou dianteira, e não sobre as rodas.
Choque	Ocorre quando o veículo sofre um impacto contra algum objeto fixo ou móvel que não esteja em movimento.
Capotamento	Acidente em que o veículo gira sobre seu próprio eixo imobilizando-se em qualquer uma posição.
Queda	Acidente em que o impacto ocorre devido à queda do veículo, ou à queda da carga de um veículo, ou à queda de uma pessoa transportada pelo veículo.

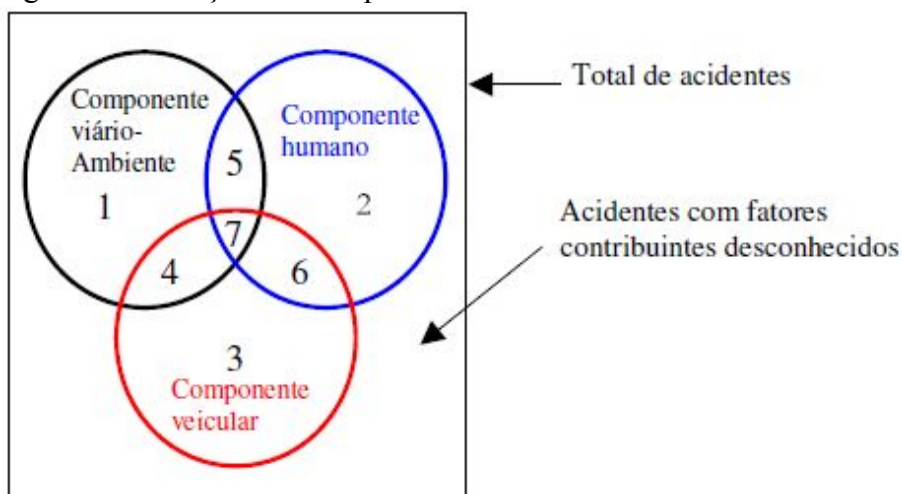
Engavetamento	Ocorre quando há o impacto de três ou mais veículos num mesmo sentido de circulação.
Atropelamento	Ocorre quando uma pessoa ou animal sofre o impacto de um veículo em movimento.
Acidente pessoal de trânsito	Se trata do acidente em que o pedestre sofre lesões corporais ou danos materiais, quando não há veículos envolvidos nem ação criminosa.
Outros acidentes de trânsito	Qualquer acidente que não se enquadre nas características acima listadas.

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

A dificuldade de encontrar o principal motivo da ocorrência do acidente é muito grande. Devido a isso, Nodari (2003) aponta que os acidentes podem ser incluídos em três grandes componentes, o componente humano, o componente veicular e o componente viário-ambiental. O componente humano é o elemento que faz a interligação entre os meios, sendo o principal causador de acidentes (GOLD, 1998). Austroads (1994) indica que o segundo maior componente causador de acidentes é o viário-ambiental, sendo que a interação entre o componente humano e viário-ambiental é responsável por 24% dos acidentes.

A Figura 1 apresenta o conjunto de componentes e suas possíveis interações causadoras de acidentes.

Figura 1 - Interações de componentes de acidentes



Fonte: <sup>1</sup>SAYED e ABDELWAHAB<sup>1</sup> apud NODARI (2003).

<sup>1</sup>SAYED, T.; ABDELWAHAB, W. Using accident correctability to identify accident-prone locations. Journal of Transportation Engineering, V. 123, n.2. p 107-113, 1997.



Na Figura 1, os itens 4, 5 e 6 demonstram a interação entre 2 componentes, já o item 7 representa a interação dos 3 segmentos, visto que dificilmente ocorrem acidentes com apenas um componente (itens 1, 2 e 3). Ainda, existem os acidentes que não são incluídos em nenhum dos 3 componentes (NODARI, 2003).

Para Nodari (2003), as interações entre componentes acidentais ocorridas no Brasil são diferentes das apresentadas em bibliografias internacionais, isso por causa da diversidade cultural brasileira, além do turismo recebido por países vizinhos e a variedade de relevo e clima apresentado nas rodovias. Dada a relevância dos impactos causados por acidentes em vias, percebe-se a necessidade de análise e proposição de medidas que visem reduzir o índice da gravidade de acidentes, bem como, expor fatores que favorecem a ocorrência de acidentes.

## **2.3 Segurança viária**

O projeto de uma via deve considerar critérios de segurança, mobilidade, impactos sociais e ambientais, além de atender a necessidade dos usuários da via. Outro fator relevante ao desenvolvimento de um bom projeto é aliar os recursos financeiros disponíveis ao melhor grau de segurança possível (RODRIGUES, 2010).

A variabilidade de características físicas e econômicas de cada região faz com que o projetista tenha dificuldades de atender à todos os critérios. Além disso, a falta de flexibilidade local, em algumas situações, torna necessário que o projetista desenvolva soluções consideradas uma exceção de projeto, devendo, estas, serem cuidadosamente ponderadas para encontrar as melhores soluções possíveis em relação às exigências de projeto e as restrições da região (DNER, 1999).

### **2.3.1 Influência das características da via na segurança viária**

Apesar do fator humano ter um peso maior na origem da ocorrência de acidentes, nem sempre a melhor solução, em função do custo-benefício, para melhorar a segurança viária é

atuar neste fator (LEAL, 2017). Normalmente, em casos de acidentes, costuma-se culpar o motorista que falhou ao lidar com o componente viário-ambiental (NODARI, 2003).

Diante disto, pode-se observar que um componente viário-ambiental que desfavorece a possibilidade de falha humana, podendo inclusive corrigi-la, resultaria em uma menor quantidade de acidentes. Então, nesta seção, serão apresentados fatores que evidenciam a influência das características da via na segurança viária.

### **2.3.1.1 Superfície do pavimento**

Ogden (1996) informa que buracos em rodovias afetam principalmente a segurança de caminhões e motos, atingindo com pouca frequência carros de passeio. Cetra (2003) indica que buracos ou imperfeições na via fazem com que o motorista realize manobras bruscas para desviá-los, e quando o motorista atinge um defeito na via sem perceber, pode quebrar um componente veicular e/ou perder o controle do veículo.

Como principal função, a superfície do pavimento deve garantir o atrito necessário entre pneu e pavimento. A segurança do tráfego é bastante comprometida quando o veículo está em situações onde os níveis de atrito são baixos, causando a derrapagem do veículo, ou quando a capacidade de frenagem do veículo é comprometida (LEAL, 2017).

Com pista molhada, formam-se lâminas de água sobre a rodovia, podendo ocorrer a hidroplanagem, geralmente quando o veículo atinge altas velocidades. Quando esta acontece, a frenagem e o controle da direção se tornam inviáveis, aumentando o risco de acidentes. A hidroplanagem geralmente acontece em trechos planos, com inclinação transversal mínima e curvas de raios longos (AASHTO, 1997).

A discrepância de altura entre a superfície de rolamento e o acostamento, segundo Nodari (2003), ocorre devido a fatores de infraestrutura, tais como a má qualidade dos materiais, a falta de manutenção ou o alto número de recapeamento da pista, fatores que ocasionam este desnível. O desnível afeta o controle do veículo quando o veículo tenta reingressar na pista em situações em que houve a saída.

### **2.3.1.2 Curvas**

Segundo AASHTO (1997) e Ogden (1996) os trechos em curvas exigem maior desempenho, tanto do veículo quanto do motorista. Devido a este fato, o número de acidentes em trechos curvos tende a ser de 1,5 a 4 vezes maior do que em outros trechos, além de, geralmente, resultarem em pessoas feridas com gravidade ou fatalidades. Conforme Ogden (1996) o grau de curvatura é a característica com maior influência no índice de acidentes, além do volume de tráfego e número de caminhões na pista.

Colisões frontais e laterais, capotamentos, choques contra obstáculos das laterais das vias, motoristas alcoolizados e incidentes a noite são os que mais ocorrem em trechos curvos (NODARI, 2003; SAMPEDRO, 2010).

Em relação a superlargura executada em curvas horizontais, Leal (2017) informa que estas têm a função de reduzir significativamente o estresse dos condutores ao cruzar lateralmente por outros veículos do interior da curva, além de reduzir o risco de colisões transversais. O autor ainda comunica que uma superelevação adequada auxilia no aumento do conforto dos motoristas durante o trajeto em curvas horizontais.

### **2.3.1.3 Interseções**

Conforme Leal (2017) as interseções são os locais mais perigosos da rede viária devido ao alto número de conflitos e acidentes ocorridos nestas. Federal Highway Administration - FHWA (2000) cita os fatores que influenciam na ocorrência de acidentes em interseções, tais como o projeto geométrico, o ângulo da interseção, as manobras permitidas, a distância de visibilidade, o número de aproximações, o tipo do controle de tráfego, etc.

Faixas auxiliares e canalizações, que fornecem informações adequadas quanto aos movimentos permitidos em interseções, reduzem o número de conflitos (LEAL, 2017). Estudos de National Cooperative Highway Research Program - NCHRP (2007) demonstram que a utilização de faixas auxiliares reduzem a acidentalidade entre 7% e 70% em interseções urbanas.

DNIT (2005) dá ênfase à questão da visibilidade em interseções, que pode ser afetada pela velocidade, ângulo da interseção, alinhamento horizontal e alinhamento vertical, topografia e vegetação do local. A visibilidade compromete quando o motorista não consegue observar o possível conflito a tempo de proceder para a manobra necessária.

Leal (2017) informa que o uso de placas de prioridade, ou o uso de semáforos oferecem uma segurança maior devido ao maior controle do tráfego.

#### **2.3.1.4 Sinalização horizontal e vertical**

Placas, painéis, marcas e os dispositivos de sinalização implantados em rodovias servem para ordenar, advertir e orientar os usuários das vias (DNIT, 2010).

O tamanho, cor, visibilidade, durabilidade e a posição na via são as principais características das sinalizações verticais (DNIT, 2010). Para que os usuários da via tenham informações de como proceder ao longo da via, é fundamental que as informações técnicas contidas nas sinalizações verticais permitam uma leitura clara e concisa da mensagem (SAMPEDRO, 2010). As sinalizações verticais são classificadas em três grupos, placas de regulamentação são as que informam as limitações e proibições da via, placas de advertência visam advertir os usuários de algum perigo e as placas de indicação tem o objetivo de identificar as vias e orientar os usuários (DNIT, 2010).

Nodari (2003) indica que as placas sejam posicionadas com antecedência suficiente do ponto de tomada de decisão e que não sejam posicionadas em locais em que o motorista requer muita atenção. Ainda, informa que as placas de sinalização devem prover muitas informações, podendo inclusive conter a repetição de placas em pequena distância em caso de advertência de algum risco à frente.

Já a sinalização horizontal é composta, basicamente, por demarcações na pista, com o objetivo de complementar a sinalização vertical ou advertir a presença de outros dispositivos, tais como semáforos, além de transmitir as regras e advertências aos usuários da via (LEAL, 2017).

As principais marcações horizontais são as linhas contínuas ou tracejadas longitudinais, que servem para ordenar os fluxos de tráfego e regulamentar as ultrapassagens. Marcas transversais nas vias indicam a redução de velocidade, muitas vezes indicando posições de paradas ou interseções. Em situações de acesso, em interseções ou para mudanças de pistas deve haver marcas de canalização para orientar os usuários (DNIT, 2010).

A leitura errônea da sinalização pode levar os motoristas e pedestres a cometerem erros, possibilitando a ocorrência de acidentes (DNIT, 2010).

### **2.3.1.5 Elementos longitudinais**

FHWA (1992) demonstrou que o número de acidentes em rampas descendentes é 63% maior que em rampas ascendentes. O principal causador é o aumento da velocidade nos declives. Porém, as diferenças de velocidades apresentadas por veículos de carga em comparação à outros em aclives longos, tendem a aumentar o número de acidentes. O estudo de Fitzpatrick et. al. (2000) ainda indica que para cada aumento unitário no percentual de inclinação, a frequência de acidentes aumenta em 1,6%.

Nodari (2003) informa que a suavização das inclinações de rampas poderiam reduzir a quantidade de acidentes, porém, por ser uma medida de alto custo se torna inviável. No entanto, para corrigir, devem ser adotadas faixas de ultrapassagem. Estudos de Ogden (1996) estimam que o uso de faixas de ultrapassagem em rodovias rurais de pista simples reduzem entre 10 e 40% os acidentes.

Nodari (2003) indica que seja realizada a retirada de objetos físicos, tais como árvores em trechos curvos, que impedem a visibilidade da rodovia para facilitar as oportunidades de ultrapassagem, estas que devem estar presentes na maior extensão possível da via. Já onde as oportunidades de ultrapassagem são reduzidas devido ao alto fluxo de veículos no sentido oposto, pode se optar pela adoção de uma faixa adicional que, inclusive, pode ser de curta extensão.

O estudo de Fitzpatrick et. al. (2000) afirma que a adoção de faixas para oportunidades de ultrapassagem reduz o índice de acidentes entre 25 e 40% em pistas simples com alto volume de tráfego.

A visibilidade longitudinal é um fator relevante nos índices de acidentalidade. DNIT (2005) orienta que as distâncias de visibilidade sejam calculadas de acordo com a velocidade de projeto da via, da distância de percepção, reação e frenagem.

### **2.3.1.6 Seção transversal**

Conforme NCHRP (2007), adotar faixas largas favorece o espaçamento lateral entre os veículos e facilita o condutor na realização de manobras visto que há maior espaço. Porém, General Accounting Office - GAO (2003) indica que ao alargar a faixa, favorece o aumento da velocidade e por conseguinte pode-se facilitar a ocorrência de outros problemas, tais como o atropelamento de pedestres.

O canteiro central tem a função de separar fisicamente o tráfego em sentidos opostos, diminuindo a probabilidade de ocorrência de acidentes, além de desestimular a travessia desordenada de pedestres, ou servir de refúgio central para quando acontece a travessia. A implantação de barreiras de contenção metálica no canteiro central aumenta o número de acidentes, porém, reduz a sua severidade (LEAL, 2017). Barreiras longitudinais nas laterais da via em locais com altos taludes, conforme GAO (2003), diminuem a ocorrência e severidade de acidentes, porém, aumentam a ocorrência de colisão contra os mesmos.

Os acostamentos são destinados para estacionar provisoriamente, servir de faixa de rolamento para emergências, proteger a estrutura do pavimento e dos efeitos da erosão, permitir a circulação de pedestres, bicicletas e animais, e oferecer ao motorista um espaço para corrigir manobras ao perder o controle do veículo (DNIT, 2007). Conforme FHWA (2000), a largura do acostamento demonstra que os acidentes em função destes ocorrem mais na medida em que é maior o volume de veículos. Porém, a maior largura do acostamento faz com que os motoristas imprudentes aumentem a velocidade (OGDEN, 1997), ocorrendo assim um maior número de acidentes entre dois veículos (FHWA, 1992). Conforme Leal (2017),

acostamentos não pavimentados, de brita ou grama, afetam o controle do veículos devido a desigualdade das bordas e a diferença de fricção entre pista e acostamento.

#### **2.3.1.7 Vulnerabilidade de usuários**

Nodari (2003) indica que, apesar da frequência de acidentes com pedestres ser menor em rodovias rurais do que urbanas, segmentos rurais com locais comerciais ou industriais devem ser considerados fatores que preservem a segurança de pedestres. Fitzpatrick et. al. (2000) demonstrou que 14,3% dos acidentes não fatais com envolvimento de pedestres ocorreram em ambiente rural, em estudo realizado nos Estados Unidos.

DNIT (2010) constata a preocupação dos técnicos e projetistas com pedestres, por serem os elementos mais frágeis que se movimentam nas vias, além de que, apresentam deslocamentos irregulares, tais como mudanças bruscas de direção e velocidade.

Travessias de pedestres são projetadas e posicionadas em locais considerados com alto riscos de acidentes durante o deslocamento transversal do pedestre na via. Existem travessias não semaforizadas em nível com a via ou com desnível (travessia superior ou inferior), a vantagem que a travessia desnivelada apresenta é a segregação do fluxo de pedestres e veículos, porém, nem sempre estas são utilizadas devido aos altos custos de implantação, ou, às vezes são utilizadas de forma incorreta. Em vias com semáforo, o principal problema está no pouco tempo que o pedestre tem para travessia (LEAL, 2017).

#### **2.3.1.8 Laterais da via**

Ogden (1996) informa que aproximadamente de 25 a 30% dos acidentes fatais ocorre em decorrência de colisões contra elementos fixos existentes nas laterais de vias urbanas, como, por exemplo, postes de iluminação, muros de contenção, árvores e pilares de pontes. Essas colisões ocorrem devido a saídas involuntárias da pista. Ogden (1996) e AASHTO (1997) citam que tais saídas ocorrem devido a fatores ligados ao motorista, como fadiga e a

falta de atenção; ao veículo, como problemas nos pneus e na instabilidade da carga; ou ao componente viário-ambiental, como derrapagem ou a presença de animais na pista.

Conforme Ogden (1996) e AASHTO (1997) quando existem elementos possivelmente perigosos nas laterais da pista é recomendado que esteja disponível uma condição de recuperação para este veículo, conforme o conceito *forgiving roadsides*. Há duas estratégias que podem oferecer essa condição de recuperação: a primeira é manter a chamada *clear zone*, uma área livre de obstáculos; a segunda é utilizar dispositivos que possam proteger os ocupantes dos veículos em caso de colisões. Na *clear zone*, a largura da área livre varia conforme a característica do trecho. "Os fatores que influenciam a largura da área livre de obstáculos incluem, entre outras características, a inclinação do talude, a velocidade operacional da rodovia, o volume do tráfego e a curvatura horizontal" (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD - TRB, 2001). Nos casos em que a *clear zone* é impossível, a utilização de dispositivos de segurança visam a proteção dos ocupantes do veículos, em que a possível colisão contra a barreira de segurança, como placas com base deslizantes, traria danos muito menores do que uma colisão contra os elementos perigosos das laterais da pista.

O acesso ou travessia de um veículo na rodovia é, também, uma manobra causadora de acidentes (OGDEN, 1996). "Entre os principais fatores que influenciam a segurança dos acesso estão: a quantidade e tipo de tráfego que usa os acessos; a localização e o espaçamento dos acessos ao longo da rodovia; e as características geométricas da rodovia" (AASHTO, 1997 apud NODARI, 2003 p. 65).

Relativo aos acidentes ocorridos devido a animais na pista, um experimento norte-americano e canadense notou a redução desse tipo de acidente com a utilização de placas de advertência aos condutores, a implementação de cercas nas laterais da via e a construção de túneis sob a pista para passagem dos animais. No Brasil, acidentes envolvendo animais não são tão comuns, porém quando ocorrem, geralmente são devido a presença de cavalos ou vacas de propriedades existentes nas laterais da via (FITZPATRICK et. al., 2000).



### 2.3.2 *Forgiving Roads*

De acordo com Herrstedt (2006), “Forgiving Roads” é a expressão usada nos Estados Unidos para nomear a concepção de projetos rodoviários que visam perdoar os erros humanos, melhorando a segurança viária. Rodrigues (2010) afirma que a rodovia e suas laterais precisam ser projetadas para prevenir acidentes mais graves, já que o erro humano sempre acontecerá.

Com um projeto rodoviário melhor planejado e executado, identificando e adotando elementos que melhorem a segurança viária, podem ser evitados boa parte dos acidentes. Os projetistas têm o dever de procurar tornar as estradas mais seguras para diminuir a ocorrência ou a gravidade dos acidentes. Não somente buscar a fluidez do tráfego, devem também projetar “estradas tolerantes”, que são rodovias capazes de suportar o erro ou as distrações humanas (SOUZA, 2012).

A ABNT (2007) apresenta dispositivos para correção de erros humanos no fluxo de veículos. Nela, podem-se destacar os seguintes fatores:

- a) canteiros centrais: são caracterizados por uma separação com dispositivos de contenção entre pistas, são requeridos para proteção do tráfego em sentidos contrários;
- b) estruturas de drenagem: tem por objetivo eliminar ou modificar as estruturas de drenagem que não sejam transpassáveis, realizando-as da melhor forma para que apresentem a menor obstrução possível;
- c) faixa livre: consiste de uma faixa adjacente à rodovia e ao longo de sua extensão, não podendo conter obstáculos;
- d) obstáculos fixos: são exemplos de obstáculos fixos postes de iluminação e árvores. A norma requisita que se remova ou realoque o obstáculo, sinalize o mesmo ou insira-se algum dispositivo para que ocasione o menor impacto possível;
- e) taludes: em taludes de aterro, requiere-se que, quando a inclinação for abaixo de 33,3%, hajam dispositivos de contenção; quando a inclinação for entre 33% e 25%, haja área de escape após o talude, caso não tenha, é necessário dispositivo de segurança. Para taludes de corte, é requerido dispositivos de contenção ou é necessária a correção da superfície para que seja suave o direcionamento do veículo à via. Já para

taludes transversais, que podem ser atingidos frontalmente por veículos, em vias com velocidades superiores a 70 km/h, os taludes devem ter inclinação mínima de 16,6%.

### **2.3.3 Programas de segurança viária**

Coelho (1999) preserva a teoria de que, para se considerar um local crítico, é necessário contabilizar vários fatores, tais como características locais, índice dos acidentes locais comparado ao índice de toda a extensão da rodovia, volume do tráfego e extensão do trecho.

Existem diversas maneiras de identificar segmentos rodoviários com problemas, mas, de forma geral, pode-se agrupá-los em dois grupos, os programas de segurança reativos e os pró-ativos (NODARI, 2003).

Conforme Nodari (2003), um programa de segurança reativo é baseado em histórico de acidentes ocorridos na via e se faz necessário para descobrir as deficiências do ambiente viário, ou seja, onde estão localizados os pontos críticos de segurança viária, após localizados, se faz as medidas corretivas necessárias. Para este modelo, é necessário que se haja um número bastante significativo de acidentes ocorridos para a intervenção do local. Já o programa de segurança pró-ativo busca promover a segurança viária a fim de evitar potenciais acidentes, através da melhoria do sistema viário por meio de observações locais, e não por meio do histórico de acidentes. Nodari ainda respalda que os dois programas de segurança podem ser abordagens complementares, onde juntos podem se tornar mais eficazes no gerenciamento da segurança viária.

A constante busca por métodos de avaliação de segmentos rodoviários mais eficazes e adaptáveis à realidade da via, fez com que se fossem desenvolvidas Auditorias de Segurança Viária. Porém, no Brasil, a técnica normatizada para avaliação de rodovias do DNIT é o Método de Identificação de Segmentos Críticos.

Como exemplo de auditorias desenvolvidas, pode-se usar a Técnica aplicada na Austrália desenvolvida por Austroads (2009), a Técnica Americana desenvolvida pela Federal Highway Administration - FHWA (2006), a Técnica Irlandesa desenvolvida pela National

Roads Authority - NRA (2009) e o Método de Avaliação da Segurança Viária desenvolvido por Nodari (2003) no Brasil.

As Auditorias de Segurança Viária (ASV) suprelistadas são similares, e adaptadas conforme a realidade de cada país. As ASV's, que podem ser aplicadas em rodovias em projeto ou já executadas, presumem que a análise das condições da rodovia e da segurança viária são realizadas através de checklists, porém, estas são apenas para demonstrar a forma de realizar o procedimento, de forma que facilite a verificação específica de cada item proposto, não sendo possível formalizar um projeto ideal somente através das checklists (SOUZA, 2012). Por fim, a escolha pelas melhores opções de projeto serão responsáveis pelos auditores, que devem ser capacitados para tal.

Devido ao fato primordial de que cada método é sugerido para condições específicas do país de origem, se fez a escolha do Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rodoviário para utilização neste estudo.

#### **2.3.3.1 Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários (ISP)**

Primeiramente, é importante ressaltar o conceito da palavra potencial, definida como “Que (só) existe em potência; virtual” (LUFT, 2001 p. 532).

O Método de Avaliação da Segurança Potencial (ISP) foi desenvolvido com o foco de analisar o componente viário-ambiental de rodovias de pista simples de duplo sentido, como forma de realizar ações pró-ativas para visualização de locais potencialmente perigosos e correção dos mesmos (NODARI, 2003).

O método proposto inicialmente identificou 297 fatores que causam acidentes, contudo, baseado em critérios do impacto na segurança viária e a magnitude atingida em cenário brasileiro, foram selecionados 34 itens, que estão dispostos na tabela estruturada no Anexo A.

Com a finalidade de encontrar a relevância de cada item, Nodari (2003) realizou uma pesquisa com profissionais nacionais e internacionais ligados a segurança viária, tais como policiais rodoviários, projetistas e especialistas em segurança viária.

Para uniformidade da pesquisa de campo, Nodari (2003) desenvolveu um procedimento para inspeção do sistema viário, com devidas pontuações para as características que compõem de fato, ou não, a rodovia. O valor de ISP é obtido através da multiplicação da nota atribuída que foi observada na rodovia, pela relevância determinada para o respectivo item. O resultado varia entre 1 e 10, sendo que, para valores mais próximos de 10, o segmento apresenta uma segurança potencial maior.

A nota final resultante da aplicação desta metodologia apresenta um conceito que busca refletir a segurança do respectivo segmento ou trecho analisado, podendo servir como indicador na gestão rodoviária, de modo a auxiliar nas tomadas de decisão no quesito segurança viária.

#### **2.3.3.2 Método de identificação de segmentos críticos do DNIT**

Através do método de identificação de segmentos críticos, desenvolvido pelo órgão brasileiro que gerencia a infraestrutura de transportes nacional, é realizada a gestão da segurança viária nas estradas de rodagem do país. A metodologia busca encontrar locais em rodovias com situação crítica, no que diz respeito a segurança viária, através de índices de acidentalidade. A partir da localização destes pontos, pode-se interferir realizando as modificações necessárias, buscando melhorias para diminuir a ocorrência de acidentes (PARO, 2009).

Conforme o DNIT (2010), os resultados são obtidos por meio da probabilidade de ocorrência de acidentes em um determinado segmento, a partir de uma amostragem de acidentes. Assim, se a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento for maior que a probabilidade de ocorrência da amostra, o segmento será considerado crítico.

Dessa forma, por se tratar de um método que consiste de dados de acidentes já ocorridos, é considerado uma ação reativa (NODARI, 2003).

Paro (2009), relaciona a probabilidade ocorrência de acidentes com fatores aleatórios e fatores não aleatórios, exemplificando a metodologia de comparação de segmentos do DNIT.

As causas dos acidentes podem estar associadas com: fatores aleatórios, os quais independem do local de ocorrência do acidente, estando, por exemplo, associados com a imprudência do motorista e; fatores não aleatórios, os quais estão vinculados a um ou mais atributos relativos ao local do acidente.

Assim, a probabilidade de ocorrência de um acidente pode estar associada aos fatores aleatórios e não aleatórios. Todavia, a probabilidade de ocorrência dos fatores aleatórios em diferentes segmentos possuem valores muito próximos. Deste modo, quando se compara dois segmentos e a probabilidade de ocorrência de acidentes de um segmento for maior do que a probabilidade de ocorrência no outro, quer dizer há no primeiro uma maior exposição a acidentes sob interferência de fatores não aleatórios.

Assim, no atual método do DNIT, considera-se para identificação dos segmentos críticos, a interferência dos fatores não aleatórios. Com base nestes fatores e na definição do segmento crítico, apresenta-se uma regra de decisão formulada através de um teste de hipótese, que explicitará uma expressão para o índice crítico a que o modelo se propõe (PARO, 2009 p. 55).

Para identificação da possibilidade do segmento ser crítico é necessário, primeiramente, a partir da amostra de acidentes levantada, calcular o índice de acidentes do segmento ( $I_j$ ). Após, selecionar os segmentos homogêneos e calcular o índice crítico anual de um segmento conforme a classe ( $IC_j$ ) (DNIT, 2010).

O segmento crítico será considerado aquele em que o índice crítico de acidentes ( $I_j$ ) é maior que o índice crítico anual de um segmento conforme a classe ( $IC_j$ ). Assim, se um trecho resultar em segmento crítico, é recomendável a interferência para regularização do mesmo.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O estudo se deu pelo levantamento de dados por meio de uma pesquisa quantitativa-descritiva aplicada em campo. A inspeção de campo constituiu-se de avaliar a rodovia conforme suas condições vigentes, investigando as características dispostas no Método ISP, proposto por Nodari (2003).

#### **3.1 Caracterização da área de estudo**

A rodovia de estudo está compreendida nos municípios de Venâncio Aires e Santa Cruz do Sul, no Estado do Rio Grande do Sul - Brasil. A Figura 2 apresenta a localização do trecho estudado.

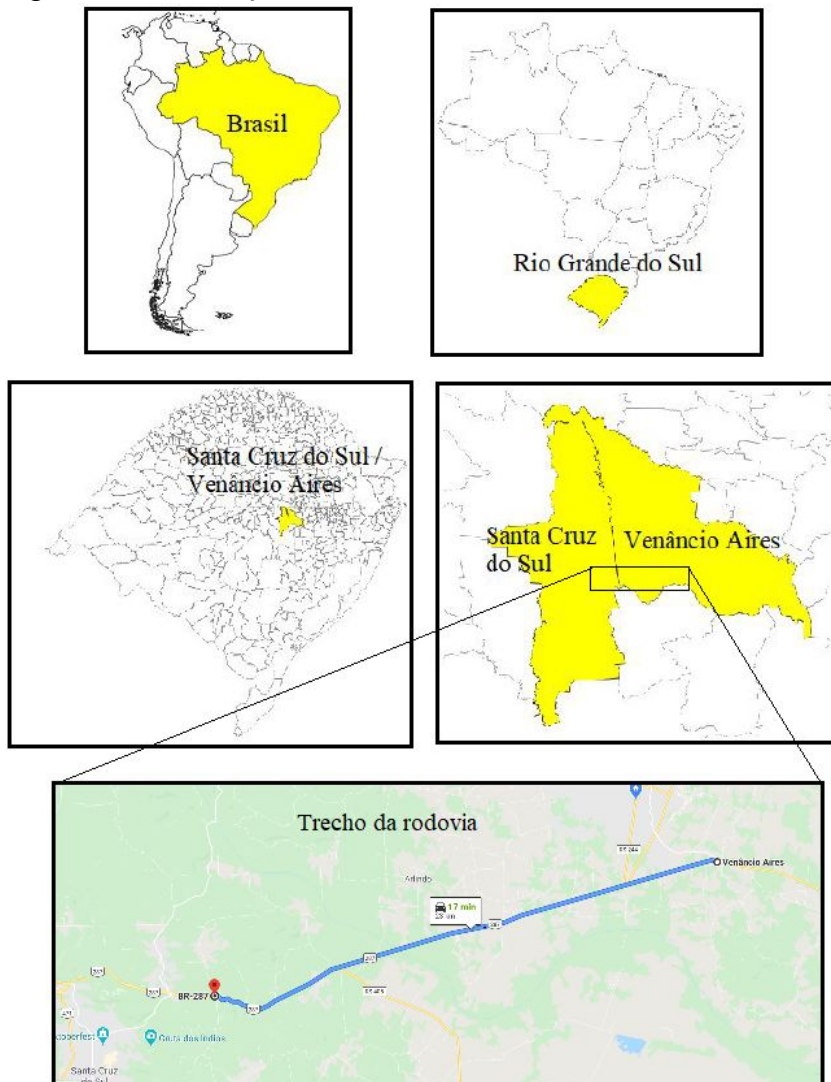
A cidade de Venâncio Aires, onde se encontra um dos trechos da rodovia analisada, localiza-se a 130 quilômetros de Porto Alegre, é margeada por duas importantes rodovias, a RSC-287 e a RSC-453 (PREFEITURA MUNICIPAL DE VENÂNCIO AIRES - PMVA, 2020). Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019), a população estimada para Venâncio Aires é de 71.554 pessoas, com um PIB per capita de R\$ 38.253,63.

Segundo a PMVA (2020), o município tem em sua base econômica a cultura e a industrialização do tabaco como principal referência. No ramo da agricultura, a cidade é a 2º maior produtora de tabaco do Brasil e o 3º maior produtor de milho do Rio Grande do Sul. Já nas atividades comerciais e industriais, que geram 30% dos empregos do município, se destacam os setores moveleiro, metal mecânico e confecções, contando com mais de 4 mil empresas, sendo o 2º maior polo metal mecânico do Rio Grande do Sul. Ainda, os frigoríficos

ajudam no desenvolvimento do município, já que é o 2º maior em abates de bovinos do Rio Grande do Sul.

Já Santa Cruz do Sul, limítrofe a Venâncio Aires, conforme o IBGE (2019), apresenta uma população estimada de 130.416 pessoas e um PIB per capita de R\$ 64.653,78. A cidade também é fortemente impulsionada pela cultura e industrialização do tabaco, exportado como commodity ou cigarro já processado, sendo que as principais indústrias do produto no Brasil estão localizadas no município (NASCIMENTO, 2018). Ainda, segundo o SEBRAE (2017), Santa Cruz do Sul é a 2ª colocada em ranking de renda para municípios com mais de 100 mil habitantes do Rio Grande do Sul, atrás somente de Porto Alegre.

Figura 2 - Localização da área de estudo

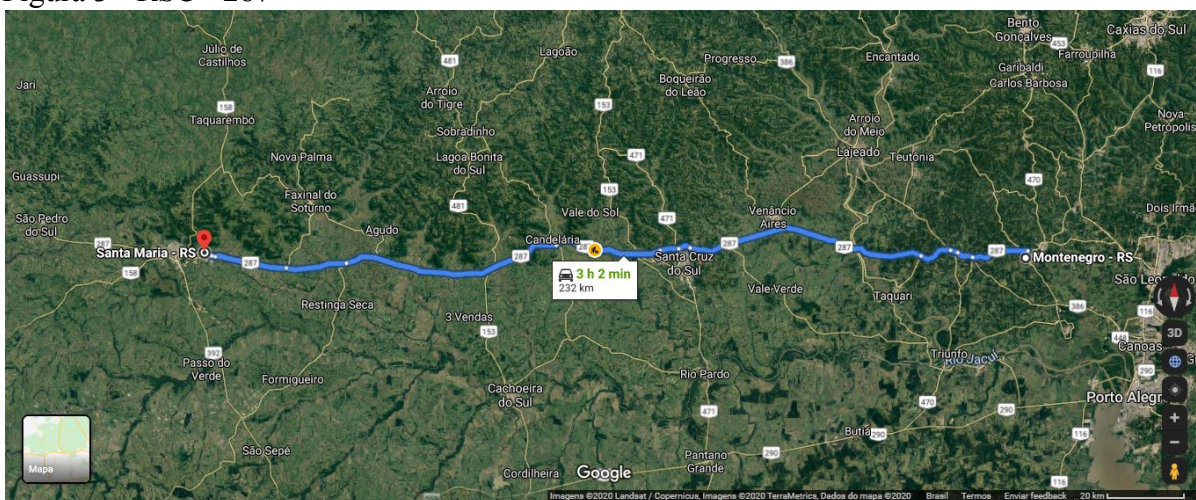


Fonte: Adaptado de IBGE (2017) e Google Maps (2020).

### 3.1.1 Rodovia RSC-287

A rodovia estadual RSC-287, cujo trecho é objeto deste estudo, situa-se no Estado do Rio Grande do Sul. É originada em Montenegro e faz a ligação rodoviária até Santa Maria, totalizando 232 quilômetros, na Figura 3 pode-se observar algumas cidades em que a rodovia perpassa, tais como Venâncio Aires e Santa Cruz do Sul.

Figura 3 - RSC - 287



Fonte: Google Maps (2020).

Conforme o DAER (2010), a rodovia apresentou um volume diário médio (VDM) de 4.506 veículos no ano do levantamento, que foi realizado no km 78+560, ponto este localizado no trevo de acesso ao município de Venâncio Aires.

Na falta de informações de projeto da rodovia, em função do VDM buscou-se a classificação da rodovia seguindo as orientações de DAER (1991).

De acordo com DAER (1991) a partir do VDM da rodovia, a RSC-287 pode ser enquadrada como classe de projeto I - B, Conforme a Quadro 2, sendo de pista simples e devendo haver controle parcial de acesso.



Quadro 2 - Classes de projetos para rodovias estaduais.

Classe de projeto		Características		Volume Médio Diário (VDM)
0		Via expressa controle total de acesso		A classificação técnica nesta classe depende de decisão administrativa
I	A	Pista dupla	Controle parcial de acesso	> 9000
	B	Pista simples		3000 - 9000
II		Pista simples		1500 - 3000
III		Pista simples		300 - 1500
IV		Pista simples		< 300

Fonte: DAER (1991).

Cabe ressaltar que em 2020, o Governo do Estado do Rio Grande do Sul apresentou um plano para a duplicação de 204 quilômetros, extensão compreendida entre Santa Cruz do Sul e Tabaí. A previsão é que o Trecho deste estudo, entre Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, seja duplicado nos primeiros 6 anos de contrato da empresa que ganhará a concessão da via, em leilão previsto para dezembro de 2020.

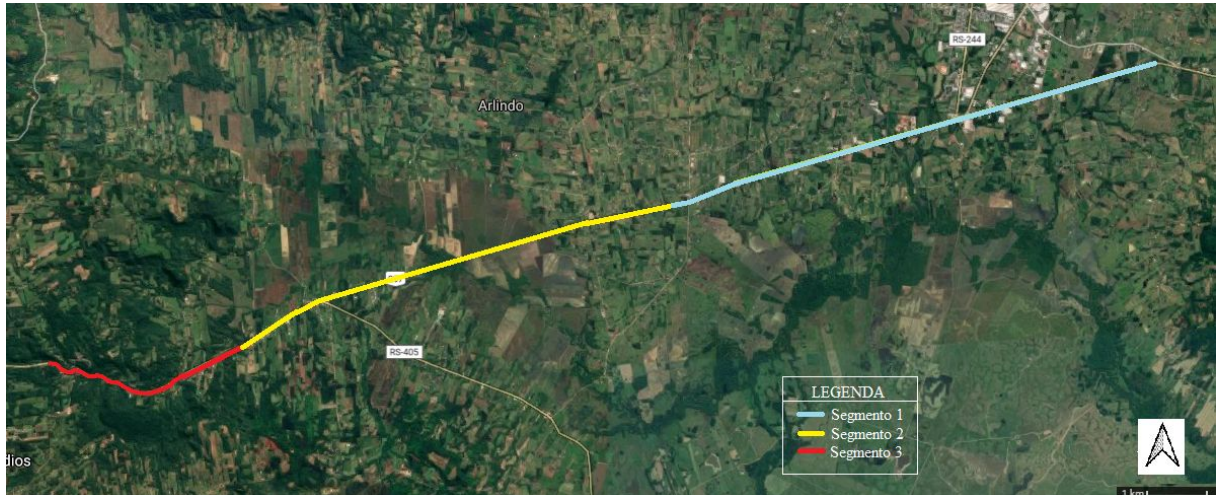
### 3.1.2 Trecho analisado da rodovia

Para o presente estudo, optou-se por avaliar um trecho dividindo-o em 3 grandes segmentos. O primeiro, denominado Segmento 1, contido entre os marcos quilométricos 75 a 85, está localizado em Venâncio Aires/RS. O segundo, denominado Segmento 2, encontra-se entre os quilômetros 86 a 93 e está inserido, em sua maior parte, no município de Santa Cruz do Sul/RS, na mesma cidade, o Segmento 3 inicia-se no quilômetro 94 e termina no 97.

Estes segmentos foram escolhidos devido ao número de acidentes ocorridos, conforme descrito anteriormente no item 1.3. A escolha pelo segmento localizado em Santa Cruz do Sul ocorreu, ainda, pelo fato de haver maior diversidade de relevos, sinuosidades verticais e horizontais se comparado a extensão da RSC-287 compreendida no município de Venâncio Aires, possibilitando uma análise mais eficaz dos métodos de segurança viária perante as diversidades geométricas da rodovia.

A Figura 4 demonstra a divisão de segmentos. Pela imagem é possível perceber a sinuosidade da via, decorrente da topografia dos trechos.

Figura 4 - Divisão de Segmentos



Fonte: Adaptado de Google Maps (2020).

Cada trecho rodoviário tem suas características, em função disso, DNIT (2010) orienta que se classifique os segmentos de forma que se crie grupos de segmentos com características semelhantes, assim podendo ser considerados segmentos homogêneos. No entanto, é importante lembrar que essa orientação pode não ser atendida em alguns casos, conforme Lee (2002) as rodovias podem ser classificadas de outras maneiras, para atender os interesses de ordem administrativa, como exemplo dessas divisões, pode-se citar as classificações a partir da localização/posição e entidade responsável.

Orientações do DNIT (2010) são dividir as rodovias em segmentos, seguindo as características físicas, tais como:

- a) perfil do terreno: dividido em três grupos, plano, ondulado e montanhoso. Um segmento plano é indicado onde a visibilidade permitida pela geometria é longa ou um ambiente em que permite os veículos pesados manterem a mesma velocidade de veículos leves. Perfil ondulado é o terreno que apresenta declividade acentuada capaz de provocar a redução da velocidade dos veículos pesados. Terreno montanhoso é representado por ambiente em que há mudanças abruptas de elevações entre o pavimento da rodovia e o terreno natural, e/ou a velocidade de veículos pesados é muito baixa por longas distâncias;

- b) tipo de pista: simples é definida como a rodovia em que encontra-se uma faixa por sentido. Já a pista dupla é composta por mais de uma faixa por sentido;
- c) traçado da rodovia: em tangente são os traçados com projeção horizontal retal. Em curva são os traçados que apresentam curvas;
- d) uso do solo: quando o trecho estiver inserido em perímetro urbano, deverá-se classificá-lo como segmento urbano. Quando fora de ambiente urbano, a classificação do segmento é segmento rural.

Referências internacionais indicam que se adote segmentos homogêneos com diferentes extensões, dividindo-se os segmentos conforme as características do trecho para confirmar a isonomia de todos os segmentos. Porém, Nodari (2003) indica que, quando se pretende avaliar a influência de características físicas na ocorrência de acidentes, é impraticável dividir segmentos homogêneos considerando todas as características, como por exemplo, as 34 características dispostas no Método ISP.

Devido ao fator supracitado, foi necessário separar os trechos em segmentos de comprimento fixo, adotados de 1 km. O Quadro 3 apresenta as características do Segmento 1, em Venâncio Aires.

Quadro 3 - Características do Segmento 1

Quilômetro	Tipo de pista	Uso do solo	Perfil do terreno	Traçado
75	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
76	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
77	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
78	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
79	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
80	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
81	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
82	Simples	Rural	Ondulado	Curva
83	Simples	Rural	Ondulado	Curva
84	Simples	Rural	Ondulado	Tangente

85	Simples	Rural	Ondulado	Tangente
----	---------	-------	----------	----------

Fonte: Autor (2020).

Pode-se observar no Quadro 3, que o Segmento 1 apresenta constância nas características. Com trechos SROT (Pista simples, rural, terreno ondulado e traçado em tangente) e SROC (Pista simples, rural, terreno ondulado e traçado em curva), sendo que a grande maioria de trechos é do tipo SROT. Dessa forma, o trecho pode ser definido como um segmento homogêneo de pista simples, perímetro rural, perfil do terreno ondulado e traçado da rodovia em tangente.

O Quadro 4 mostra as características do Segmento 2 entre os marcos quilométricos 86 e 93.

Quadro 4 - Características do Segmento 2

Quilômetro	Tipo de pista	Uso do solo	Perfil do terreno	Traçado
86	Simples	Rural	Plano	Tangente
87	Simples	Rural	Plano	Tangente
88	Simples	Rural	Plano	Tangente
89	Simples	Rural	Plano	Tangente
90	Simples	Rural	Plano	Tangente
91	Simples	Rural	Plano	Tangente
92	Simples	Rural	Ondulado	Curva
93	Simples	Rural	Plano	Curva

Fonte: Autor (2020).

O Segmento 2, diferentemente do Segmento 1, apresenta perfil do terreno geralmente plano, denominado SRPT (Pista simples, rural, perfil do terreno plano com traçado em tangente), sendo de forma constante apresentando leves curvas horizontais nos quilômetros 92 e 93, que foram denominados SROC e SRPC (Pista simples, rural, perfil do terreno plano com traçado em curva) respectivamente.

O Quadro 5 apresenta as particularidades do Segmento 3.

Quadro 5 - Características do Segmento 3

Quilômetro	Tipo de pista	Uso do solo	Perfil do terreno	Traçado
94	Simples	Rural	Plano	Curva
95	Simples	Rural	Ondulado	Curva
96	Simples	Rural	Ondulado	Curva
97	Simples	Rural	Ondulado	Curva

Fonte: Autor (2020).

Já o Segmento 3 apresenta 1 quilômetro plano com curva de raio longo, e 3 quilômetros ondulado com curva de raio curto. O Diferencial deste Segmento em relação aos outros se dá pelas maiores sinuosidades horizontais além da presença de uma maior inclinação de rampa, compreendida nos quilômetros 95, 96 e 97.

### 3.2 Obtenção de dados e aplicação de metodologias

Primeiramente, é importante ressaltar que todos os cálculos foram realizados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel.

A pesquisa de campo foi aplicada na Rodovia RSC-287, nos quilômetros 75+000 ao km 98+000, em Venâncio Aires e Santa Cruz do Sul. Levou-se câmera fotográfica para registro das situações, caderno de anotações para descrição dos dados levantados, gabarito de notas (ANEXO B), que é referente ao padrão de notas desenvolvido por Nodari (2003) e a planilha de inspeção (ANEXO A), que é a tabela onde demonstra os itens necessários para avaliação com lacuna para demarcar a respectiva nota, também desenvolvido por Nodari (2003).

### 3.2.1 Método de identificação de pontos críticos do DNIT

Para obtenção de pontos críticos pela metodologia do DNIT (2010), foi necessário obter os dados de acidentes no trecho (ANEXO C), os quais foram obtidos através do Comando Rodoviário da Brigada Militar - CRBM.

Primeiramente, de acordo com a metodologia DNIT (2010), um segmento é um trecho definido de um ponto ao outro, como no caso deste trabalho foi adotado comprimentos fixos de 1 quilômetro para cada segmento, os segmentos serão denominados quilômetros.

A partir dos dados de acidentes obtidos, foram realizados os cálculos. Primeiramente, foi necessário encontrar o índice de acidentes do quilômetro ( $I_j$ ), conforme a Equação 1.

$$I_j = \frac{10^6 \times N_j}{365(VMDA)_j \times E_j} \quad (1)$$

Sendo:

$N_j$  = Número anual de acidentes ocorridos no quilômetro;

$E_j$  = Extensão do quilômetro;

$VMDA$  = Volume médio diário anual do segmento.

Após, os quilômetros do mesmo tipo (SRPT, SROC, SROT) são agrupados para criar trechos com um índice crítico anual de referência para quilômetros de mesma classe ( $\lambda_c$ ), conforme a Equação 2.

$$\lambda_c = \frac{\sum_j N_j \times 10^6}{365 \times \sum_j (VMDA \times E_j)} \quad (2)$$

Sendo:

$N_j$  = Número anual de acidentes ocorridos no quilômetro;

$E_j$  = Extensão do quilômetro;

$VMDA$  = Volume médio diário anual do segmento.

O índice crítico anual de um quilômetro de classe  $c$  ( $IC_j$ ), foi encontrado através da Equação 3.

$$IC_j = \lambda_c + k \sqrt{\frac{\lambda_c}{m_j}} - \frac{0,5}{m_j} \quad (3)$$

O coeficiente estatístico  $k$  visualizado na Equação 3 foi obtido através da tabela da curva normal, conforme o nível de segurança com que se deseja trabalhar. O coeficiente utilizado foi de 1,645, adotando um nível de significância de 5%, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 - Nível de Significância - Coeficiente  $k$

Nível de Significância	$k$
0,10 = 10%	1,282
0,05 = 5%	1,645
0,01 = 1%	2,33
0,005 = 0,5%	2,576
0,001 = 0,1%	3,0

Fonte: PARO (2009).

O valor de  $m_j$  foi encontrado por meio da Equação 4.

$$m_j = 365 \times VMDA_j \times E_j \times 10^{-6} \quad (4)$$

O quilômetro foi considerado crítico se o seu Índice Crítico de Acidentes ( $I_j$ ) é maior que o Índice Crítico Anual respectivo da classe ( $IC_j$ ), ou seja, a verificação da possibilidade de ser um quilômetro crítico deve atender a condição da Equação 5.

$$I_j > IC_j \quad (5)$$

### 3.2.2 Método de Segurança Potencial (ISP)

Os procedimentos necessários, bem como todas as condições e parâmetros requeridos que foram aplicados nesta etapa do trabalho, foram desenvolvidos no Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rodoviários Rurais de Pista Simples, elaborado por Nodari (2003).

A fim de obter as características físicas relacionadas à segurança viária, para determinação do Método de Segurança Potencial, desenvolvido por Nodari (2003), bem como

todas as condições e parâmetros necessários, foram requeridos os parâmetros apresentados no item 2.3.3.1.

A inspeção de campo foi ser realizada por duas pessoas, sendo uma para dirigir o veículo, e outra para avaliar as condições da rodovia. O percurso foi transitado duas vezes (ida e volta), conforme requerido.

Equipado com o gabarito de notas (ANEXO B) e planilha de inspeção (ANEXO A), partiu-se de um ponto inicial, definido nesta pesquisa como o quilômetro 75 para o Segmento 1, 86 para o Segmento 2 e 93 para o Segmento 3. Foi necessário percorrer o trecho na velocidade regulamentada de forma contínua para observação geral das condições vigentes na rodovia, porém sem inserir dados na planilha. Ao fazer o percurso de retorno, o avaliador deu nota para cada um dos 34 itens compostos no ISP ao final de cada quilômetro, tendo que parar o veículo para realizar as anotações. As anotações de cada quilômetro foram únicas e equivalentes para os dois sentidos de circulação, sendo que foi-se dada nota para a pior situação vista.

Para melhor precisão no acompanhamento da quilometragem de cada ponto de início e fim de segmento, foram observados os marcos quilométricos existentes e o odômetro do veículo.

Também foi necessária a ida a campo em dia chuvoso, para observação da presença de espelhos d'água. Já para avaliação da iluminação artificial em interseções, tachas refletivas, balizadores e legibilidade e destaque de placas de sinalização foi necessário a investigação durante período noturno.

As condições das características físicas da rodovia são divididas em 4 níveis, sendo que cada um recebe uma nota, de forma geral, 10 para trechos em condições sem problemas e 1 para via em condições críticas, conforme segue:

- a) nível 1 - é atribuída nota 10 ao trecho que não apresenta o item avaliado;
- b) nível 2 - é atribuída nota 7 ao trecho em que ocorre uma pequena quantidade do item avaliado;



- c) nível 3 - é atribuída nota 3 ao segmento em que é possível observar a presença do item avaliado em moderada quantidade;
- d) nível 4 - é atribuída nota 1 para o trecho que apresenta uma grande quantidade do item avaliado.

No Método de Segurança Potencial, requer que se divida os dados em 9 macro categorias com seus respectivos pesos definidos por Nodari (2003), levantados através de uma pesquisa que considerou a avaliação da influência de cada categoria em acidentes viários.

Para obter o ISP parcial (Índice de segurança potencial parcial por macro categoria) multiplicou-se o peso relativo da característica pela nota atribuída na inspeção de campo, de acordo com a Equação 6.

$$ISP_{parcial/segm} = \sum (pi \times ni) \quad (6)$$

Sendo:

$pi$  = peso relativo da característica;

$ni$  = nota atribuída pelo avaliador à característica.

Tendo o resultado parcial de cada uma das macro categorias, foi possível calcular o ISP global do segmento (índice de segurança potencial global do segmento), que foi obtido através da Equação 7.

$$ISP_{glob/seg} = \sqrt[9]{ISP_{sup} \times ISP_{cur} \times ISP_{int} \times ISP_{sin} \times ISP_{lon} \times ISP_{tra} \times ISP_{vul} \times ISP_{lat} \times ISP_{el.g}} \quad (7)$$

Sendo:

$ISP_{sup}$  = ISP parcial referente a superfície do pavimento;

$ISP_{cur}$  = ISP parcial referente a curvas;

$ISP_{int}$  = ISP parcial referente a interseções;

$ISP_{sin}$  = ISP parcial referente a sinalização;

$ISP_{lon}$  = ISP parcial referente a elementos longitudinais;

$ISP_{tran}$  = ISP parcial referente a elementos da seção transversal;

$ISP_{vul}$  = ISP parcial referente a usuários vulneráveis;

$ISP_{lat}$  = ISP parcial referente as laterais da via;

$ISP_{el.g}$  = ISP parcial referente a elementos gerais.

Após o cálculo referente a cada segmento, foi possível determinar o ISP global do trecho (índice de segurança potencial do trecho) através da média geométrica de cada segmento, representada na Equação 8.

$$ISP_{global/trecho} = \sqrt[n]{\prod ISP_{seg}} \quad (8)$$

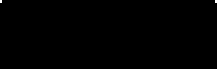




Sendo:

$n$  = quantidade de segmentos do trecho;

$ISP_{seg}$  = índice de segurança potencial do segmento

A Tabela 1 apresenta a condição de segurança do segmento em função do ISP obtido, além de uma semântica de cores para classificação definida por Nodari (2003).

Tabela 1 - Perfil de segurança correspondente ao valor do ISP.

Valor do ISP	Condição de segurança do segmento	Cor representativa
$1 < ISP < 3$	Potencialmente muito inseguro	
$3 < ISP < 5$	Potencialmente inseguro	
$5 < ISP < 7$	Potencialmente razoavelmente seguro	
$7 < ISP < 9$	Potencialmente seguro	
$9 < ISP < 10$	Potencialmente muito seguro	

Fonte: Nodari (2003).

O resultado gerou um perfil de segurança global para cada grande Segmento. Para observação de cada quilômetro separadamente, a semântica de cores ampara na identificação do índice de cada.

### 3.3 Avaliação da correlação entre os métodos

Com os valores obtidos através do Método de Identificação de Segmentos Críticos (DNIT, 2010) e o Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rurais de Pista Simples (NODARI, 2003), foi possível avaliar a correlação entre segmentos viários determinados como pontos críticos e segmentos potencialmente inseguros da rodovia.

### **3.4 Proposta de melhorias**

A partir da verificação dos índices e dos resultados obtidos, foram pesquisadas maneiras de mitigar os problemas encontrados, propondo condições de melhorias na infraestrutura rodoviária, de forma que o trecho se torne mais seguro.

Rodrigues (2010) declara que a partir de uma Auditoria de Segurança Viária é possível observar e identificar os fatores contribuintes à aumentar a periculosidade da via. Em virtude dessa identificação, pode-se realizar análises para mitigar ou até abolir a presença dos dispositivos causadores de insegurança, tais como acessos inadequados, falhas de comunicações de informações através das sinalizações, risco de trânsito de vulneráveis nas vias, entre outros.

Para proposta de melhoria, coube inteiramente a responsabilidade ao avaliador, usando dos conhecimentos teóricos para entender os efeitos das alterações cabíveis.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo exhibe os resultados obtidos neste estudo, bem como a interpretação e análise destes.

### 4.1 Método de Identificação de Segmentos Críticos

A partir das análises do número de acidentes, seguindo o roteiro de cálculos disposto no Método de Identificação de Segmentos Críticos determinado por DNIT (2010), foram obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5.

A Tabela 2 apresenta os resultados para o Segmento 1.

Tabela 2 - Segmentos Críticos do Segmento 1

Quilômetro	Índice crítico anual do grupo ( $\lambda_c$ )	Índice de acidentes do segmento ( $I_j$ )	Índice crítico anual ( $IC_j$ )	Condição
75	1,824	0,608	3,252	Não crítico
76	1,824	0,243	3,252	Não crítico
77	1,824	0,365	3,252	Não crítico
78	1,824	6,688	3,252	Crítico
79	1,824	1,581	3,252	Não crítico
80	1,824	1,338	3,252	Não crítico
81	1,824	2,918	3,252	Não crítico

82	1,277	1,824	2,422	Não crítico
83	1,277	0,730	2,422	Não crítico
84	1,824	1,338	3,252	Não crítico
85	1,824	1,338	3,252	Não crítico

Fonte: Autor (2020).

O segmento 1 apresenta maiores níveis de acidentalidade no quilômetro 78. Este está localizado no trevo de acesso municipal à Venâncio Aires, sendo o perímetro com maior número de acidentes do trecho, resulta em um quilômetro Crítico.

A Tabela 3 apresenta os resultados para o Segmento 2.

Tabela 3 - Segmentos Críticos do Segmento 2

Quilômetro	Índice crítico anual do grupo ( $\lambda_c$ )	Índice de acidentes do segmento ( $I_j$ )	Índice crítico anual ( $IC_j$ )	Condição
86	1,520	2,918	2,797	Crítico
87	1,520	2,310	2,797	Não crítico
88	1,520	0,365	2,797	Não crítico
89	1,520	0,730	2,797	Não crítico
90	1,520	0,216	2,797	Não crítico
91	1,520	1,581	2,797	Não crítico
92	2,675	2,675	4,469	Não crítico
93	1,094	1,094	2,132	Não crítico

Fonte: Autor (2020).

O quilômetro 86, onde há uma interseção de acesso a localidade de Vila Arlindo e Linha Taquari-Mirim, além de uma praça de pedágio, possui uma acidentalidade maior em relação aos outros quilômetros de mesmas características, portanto, faz com que seja um quilômetro Crítico.

A Tabela 4 apresenta os resultados para o Segmento 3.

Tabela 4 - Segmentos Críticos do Segmento 3

Quilômetro	Índice crítico anual do grupo ( $\lambda_c$ )	Índice de acidentes do segmento ( $I_j$ )	Índice crítico anual ( $IC_j$ )	Condição
94	1,094	1,094	2,132	Não crítico
95	2,959	2,189	4,862	Não crítico
96	2,959	2,554	4,862	Não crítico
97	2,959	4,135	4,862	Não crítico

Fonte: Autor (2020).

Diferentemente dos anteriores, o Segmento 3, analisado separadamente, não apresenta quilômetros Críticos.

A Tabela 5 apresenta os resultados para o Trecho integral.

Tabela 5 - Segmentos Críticos do Trecho integral

Quilômetro	Índice crítico anual do grupo ( $\lambda_c$ )	Índice de acidentes do segmento ( $I_j$ )	Índice crítico anual ( $IC_j$ )	Condição
75	1,824	0,608	3,252	Não crítico
76	1,824	0,243	3,252	Não crítico
77	1,824	0,365	3,252	Não crítico
78	1,824	6,688	3,252	Crítico
79	1,824	1,581	3,252	Não crítico
80	1,824	1,338	3,252	Não crítico
81	1,824	2,918	3,252	Não crítico
82	2,351	1,824	4,014	Não crítico
83	2,351	0,730	4,014	Não crítico
84	1,824	1,338	3,252	Não crítico
85	1,824	1,338	3,252	Não crítico

86	1,520	2,918	2,798	Crítico
87	1,520	2,310	2,798	Não crítico
88	1,520	0,365	2,798	Não crítico
89	1,520	0,730	2,798	Não crítico
90	1,520	0,216	2,798	Não crítico
91	1,520	1,581	2,798	Não crítico
92	2,351	2,675	4,014	Não crítico
93	1,094	1,094	2,132	Não crítico
94	1,094	1,094	2,132	Não crítico
95	2,351	2,189	4,014	Não crítico
96	2,351	2,554	4,014	Não crítico
97	2,351	4,135	4,014	Crítico

Fonte: Autor (2020).

Além dos quilômetros críticos anteriormente citados, analisando o trecho de forma integral, o quilômetro 97 também se enquadra como Segmento Crítico. Neste, a accidentalidade é cerca de 57% maior em relação aos quilômetros 95 e 96, cujas características de relevo e geometria da pista são muito parecidas.

Todos os quilômetros classificados como Críticos são fundamentados na probabilidade maior de ocorrência de acidentes no quilômetro de referência, tendo como base a amostra estudada (DNIT, 2010). Dessa forma, é um tratamento através de uma ação reativa, em função da quantidade de acidentes.

É possível visualizar nos resultados expostos que, dependendo do modo de interpretação da extensão do segmento, há divergências na classificação. Esta diferença ocorre pois o Método de Identificação de Segmentos Críticos emprega em sua formulação a média crítica anual dos grupos de quilômetros, cujo são agrupados em função de suas características físicas semelhantes.

Dessa forma, quando se analisa o trecho de forma separada, utilizando como exemplo o Segmento 3, que possui uma média influenciada pela combinação de três quilômetros de

características SROC (quilômetros 95, 96 e 97), indica um Índice Crítico Anual do Grupo para esta classificação de 2,959. Já quando se analisa o Trecho Integral, os quilômetros 82, 83 e 92 se somam ao 95, 96, e 97, visto que também são classificados em SROC, resultando em um valor de 2,351 para o Índice Crítico Anual do Grupo.

Segmento Crítico é aquele que contém um Índice de Acidentes do quilômetro maior que o Índice Crítico Anual. Dessa forma, visando o Trecho Integral, o Índice de Acidentes do quilômetro é invariável, sendo em função somente da quantidade de acidentes por quilômetro. Já o Índice Crítico Anual, quando comparado ao Segmento 3, é menor, em função do Índice Crítico Anual do Grupo citado anteriormente. Então, sabendo da afirmação inicial deste parágrafo, o quilômetro 97 é afetado pelos fatores citados e se torna um quilômetro Crítico.

Visto que este método parte do pressuposto que um quilômetro crítico apresenta probabilidade maior de acidentalidade em relação aos outros quilômetros com as mesmas características, considerando apenas a influência da quantidade de acidentes, percebe-se que o Método de Identificação de Segmentos Críticos não é capaz de induzir o avaliador à propor medidas corretivas para o quilômetro determinado como crítico, sendo assim, o Método é proposto para localização de quilômetros específicos com níveis de acidentalidade acima da média estatística. Dessa forma, é necessário que o avaliador realize a análise em campo nos quilômetros determinados como críticos.

## **4.2 Método de Avaliação da Segurança Potencial**

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos do Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rodoviários Rurais de Pista Simples, cujo roteiro de cálculos foi desenvolvido por Nodari (2003).



A Tabela 6 apresenta os resultados para o Segmento 1.

Tabela 6 - Índice de segurança do Segmento 1

Quilômetro	Índice de segurança global do km	Indicação de cor	Característica mais crítica	
			Macro categoria	Índice de segurança parcial
75	8,76		Superfície do pavimento	6,77
76	8,60		Superfície do pavimento	6,77
77	7,87		Elementos longitudinais	5,87
78	5,93		Usuários vulneráveis	1,98
79	7,29		Elementos seção transversal	4,27
80	6,38		Elementos longitudinais	2,31
81	5,47		Elementos longitudinais	2,31
82	7,87		Elementos seção transversal	5,16
83	7,97		Interseções	6,63
84	7,88		Elementos longitudinais	5,63
85	7,65		Interseções	4,92

Fonte: Autor (2020).

A partir dos ISPs parciais apresentados na Tabela 6, foi determinado o ISP global, que resultou em 7,35, podendo, assim, considerar o Segmento 1 como potencialmente seguro. No entanto, analisando os ISP parciais, é possível observar que os km 78, 80 e 81 obtiveram resultados que classificam esses trechos como potencialmente razoavelmente seguro.

O menor ISP obtido no Segmento 1 encontra-se no quilômetro 81, classificado como potencialmente razoavelmente seguro, visto que o índice de segurança deste apresenta um valor de 5,47, com características comprometidas pelos elementos longitudinais. Ainda, nos quilômetros 80 e 81, também classificados como potencialmente razoavelmente seguro, as rampas causam uma redução de velocidade significativa dos veículos, principalmente dos pesados, sendo necessário o emprego de faixas adicionais, portanto, onde há o uso das faixas extras, a pista em sentido contrário não oferece oportunidades de ultrapassagem. No sentido

crescente da via, no quilômetro 80 há um aclive, já no 81 um declive, dessa forma, no ponto com altitude mais elevada, há uma interseção de acesso à lancherias além de um posto de combustível, em função destas rampas, a visibilidade desta interseções é comprometida, ainda, há o término das faixas adicionais neste ponto. Cabe ressaltar que há acessos à localidades neste segmento, que poderia conter um projeto de interseção. Ainda, não há acostamento abrangente na seção transversal nos pontos de incidência de faixas adicionais. Segundo o CRBM (2020) cerca de 70% dos acidentes neste segmento são do tipo colisão lateral.

O quilômetro 78, também classificado como potencialmente razoavelmente seguro, é impactado principalmente pela presença de usuários vulneráveis, pelas interseções e de elementos longitudinais. Com relação aos usuários vulneráveis, este segmento apresenta poucas condições de segurança aos pedestres e ciclistas, visto que há um certo fluxo destes em função das indústrias e comércio lindeiro, a inexistência de uma travessia segura para pedestres também é um dos indicadores desta criticidade, porém, não há acidentalidade do tipo atropelamento registrado. Todavia, algum atropelamento pode ter ocorrido e não foi registrado, ainda, a inexistência atual de dados de acidentalidade do tipo atropelamento não impossibilita que este aconteça futuramente.

Ainda, conforme o CRBM (2020) cerca de 70% dos acidentes causados no quilômetro 78 são do tipo colisão lateral, indicando dessa forma a ocorrência de acidentalidade nas interseções, supondo-se que quando os policiais inserem os dados dos acidentes nos registros da CRBM, os acidentes do tipo colisão lateral deveriam ser inseridos como colisão transversal. O trevo de acesso à Venâncio Aires apresenta um bom projeto e é moderadamente iluminado, enquanto que a outra interseção neste mesmo segmento apresenta um projeto pouco eficiente, em função de duas indústria localizadas à margem da rodovia além de um posto de combustível de grande fluxo de veículos. Já a característica elementos longitudinais é comprometida pela inexistência de oportunidade de ultrapassagem neste segmento.

A Tabela 7 apresenta os resultados para o Segmento 2.

Tabela 7 - Índice de segurança do Segmento 2

Quilômetro	Índice de segurança global do km	Indicação de cor	Característica mais crítica	
			Macro categoria	Índice de segurança parcial
86	6,50		Interseções	2,50
87	8,65		Elementos seção transversal	6,86
88	9,09		Elementos seção transversal	6,11
89	9,04		Elementos seção transversal	6,11
90	6,15		Usuários vulneráveis	3,00
91	6,23		Usuários vulneráveis	3,00
92	6,16		Usuários vulneráveis	3,00
93	6,42		Usuários vulneráveis	3,00

Fonte: Autor (2020).

O Índice de segurança potencial do Segmento 2 resultou em 7,17, podendo ser classificado como potencialmente seguro. O quilômetro 86, apesar de conter um resultado final classificado como razoavelmente bom, apresenta locais com acesso à localidades sem interseções, além da pouca quantidade de oportunidades de ultrapassagem. Conforme a CRBM (2020), quase 30% das ocorrências de acidentes neste quilômetro são do tipo colisão lateral, possivelmente, em decorrência das interseções sem projeto. Ainda, citando a mesma fonte, 25% da acidentalidade é do tipo choque, no qual ocorre quando o veículo se choca com algum objeto imóvel, este, no caso, provavelmente é a praça de pedágio.

Os quilômetros 87, 88 e 89 apresentam condições muito boas de segurança, a característica mais ineficiente nestes se trata da alta declividade dos taludes laterais.

Os quilômetros 90, 91, 92 e 93 apresentam características muito semelhantes, em consequência de diversas propriedades e comércio lindeiro às margens da rodovia, a característica mais afetada se trata de usuários vulneráveis. Ainda, no quilômetro 90 e 92, apresentam acessos à localidades sem a existência de interseção.

A Tabela 8 apresenta os resultados para o Segmento 3.

Tabela 8 - Índice de segurança do Segmento 3

Quilômetro	Índice de segurança global do km	Indicação de cor	Característica mais crítica	
			Macro categoria	Índice de segurança parcial
94	6,94		Interseções	4,92
95	6,09		Elementos longitudinais	3,00
96	5,30		Elementos longitudinais	1,00
97	5,36		Elementos longitudinais	1,00

Fonte: Autor (2020).

Para este, o índice de segurança potencial do trecho resultou em 5,89, sendo o menor entre os 3 segmentos, este é classificado como potencialmente razoavelmente seguro.

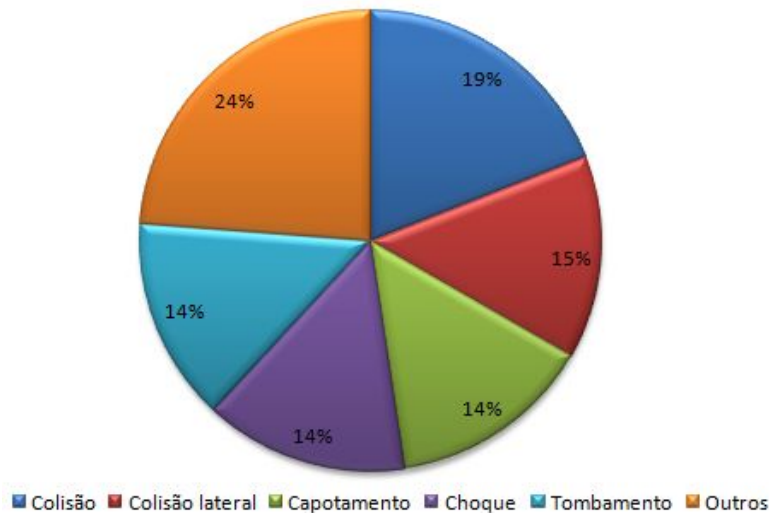
A incidência de curvas acentuadas nos quilômetros 95, 96 e 97 é muito alta, em alguns pontos há falta de balizadores, já outros, em período noturno a visibilidade fica muito comprometida. No quilômetro 96 e 97 nota-se curvas com deficiência na superlargura, já em relação a deficiência na superelevação, o quilômetro 96 apresenta uma curva com pouca superelevação. No quilômetro 97, percebeu-se que uma curva poderia causar a má interpretação do alinhamento horizontal da via.

As rampas nos quilômetros 95, 96 e 97 causam uma elevada redução de velocidade, devido a tal, utiliza-se faixas adicionais, além de que, nos quilômetros 96 e 97 não há oportunidades de ultrapassagem, já no 95, oportunidades de ultrapassagem são raras.

A declividade dos taludes laterais nos quilômetros 96 e 97 é muito elevada, acrescido da inexistência de acostamentos em função da utilização de pista adicional, assim como nos quilômetros 80 e 81 do Segmento 1, a segurança é comprometida.

A figura 5 apresenta o percentual de acidentes por tipo no quilômetro 96.

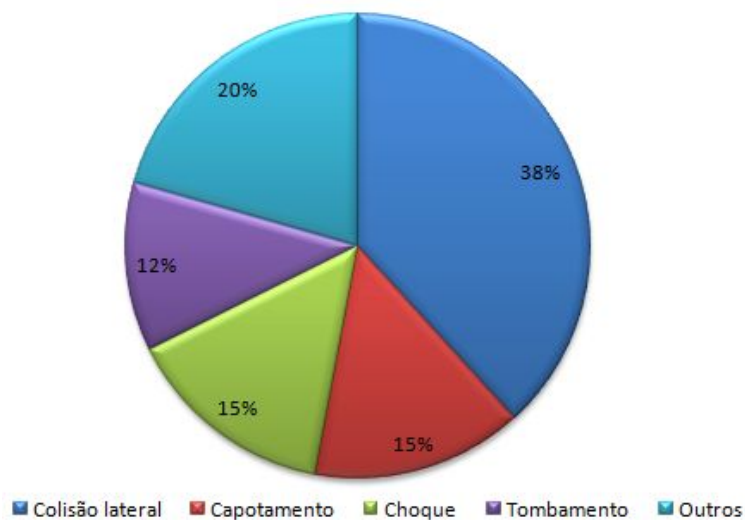
Figura 5 - Percentual de acidentes por tipo no quilômetro 96



Fonte: Adaptado de CRBM (2020).

Ainda, o percentual por tipo de acidente no quilômetro 97 é apresentado na figura 6.

Figura 6 - Percentual de acidentes por tipo no quilômetro 97



Fonte: Adaptado de CRBM (2020).

Pode-se relacionar os quilômetros 96 e 97 observando a quantidade de acidentes do tipo capotamento e tombamento em função dos taludes laterais à via. Ainda, o tipo de acidente choque também corresponde à boa parte da quantidade de acidentes nestes

segmentos, que podem ser causados principalmente devido a presença de balizadores em curvas, além das formações rochosas e vegetais laterais à via.

De forma geral, percebe-se que o segmento menos favorável em relação à segurança viária é o Segmento 3, sendo que todos quilômetros estão classificados como potencialmente razoavelmente seguro. O Segmento 3 é seguido pelo Segmento 2, cujo 62,5% é classificado como potencialmente razoavelmente seguro. Já para o Segmento 1, 72,7% é classificado como potencialmente seguro, estando o restante na classificação potencialmente razoavelmente seguro.

#### **4.3 Correlação entre o Método de Identificação de Segmentos Críticos e o Método de Avaliação da Segurança Potencial**

A partir dos resultados obtidos no Método de Identificação de Segmentos Críticos (DNIT, 2010) e no Método de Avaliação da Segurança Potencial (NODARI, 2003) pode-se avaliar a correlação entre ambos, com a finalidade de analisar os pontos em que a segurança viária é menos eficaz.

Os quilômetros identificados como segmentos críticos conforme o Método do DNIT (2010) foram o 78, 86 e o 97. Já no Método ISP de Nodari (2003), os quilômetros que resultaram em notas entre 5 e 7, cujo representam a menor condição no trecho, definidos por potencialmente razoavelmente seguro foram o 78, 80, 81, 86, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96 e 97.

Embora a condição mínima do trecho obtida pelo Método ISP tenha sido potencialmente razoavelmente seguro, cuja condição requer um índice de segurança potencial entre 5 e 7, a fim de realizar a comparação entre métodos, considerou-se os quilômetros que apresentaram ISP mais próximos a 5, sabendo que quando o valor do ISP resulta entre 3 e 5, a condição de segurança considerada pelo método é potencialmente insegura. Então, os quilômetros que demonstraram resultados mais próximos à 5 foram os quilômetros 78 (com ISP de 5,93), 81 (com ISP de 5,47), 96 (com ISP de 5,30) e 97 (com ISP de 5,36).

O Quadro 7 apresenta os quilômetros mais críticos conforme cada Método.

Quadro 7 - Quilômetros com maior criticidade

Segmentos Críticos - Método DNIT	Segmentos com menor índice de segurança potencial - Método ISP
78	78
86	81
97	96
	97

Fonte: Autor (2020).

Pode-se observar que nos quilômetro 78 e 97, os dois métodos apresentaram condições de segurança falhas, indicando assim que os Métodos possuem correlação.

Já em relação ao quilômetro 86, cujo classificado como segmento crítico no Método do DNIT, possui uma classificação potencialmente razoavelmente segura, com índice de segurança global de 6,50 através do Método ISP.

Da mesma forma o quilômetro 81, considerado como potencialmente razoavelmente seguro no Método ISP, contém cerca de 5 acidentes por ano, sendo o segundo maior em número de acidentes na classificação SROT, é classificado como não crítico no Método DNIT, visto que a probabilidade é influenciada pelo quilômetro 78, que tem um número de acidentes em torno de 550% superior à média do restante dos quilômetros da classificação SROT.

Entretanto, no quilômetro 96 há divergências entre os Métodos. Para o método ISP, apresenta um índice global de segurança de 5,30, sendo o com menor índice no trecho, já para o Método do DNIT, este quilômetro não é identificado como segmento crítico. Em relação às características viárias-ambientais, através do método ISP, é possível identificar condições desfavoráveis à segurança devido a presença de curvas, elementos longitudinais e seção transversal, assim como no quilômetro 97. Já para o Método DNIT, o quilômetro 96 apresenta níveis de acidentalidade abaixo do requisitado para ser considerado segmento crítico. Porém, como o Método DNIT é uma ação reativa, apesar de um segmento não ser crítico, este não indica que ocorrerá poucos acidentes futuramente, dessa forma, cabe ao avaliador utilizar os

resultados do Método ISP a fim de propor soluções às condições desfavoráveis de segurança.

À vista disso, pode-se notar certa correlação entre ambos, apontando que o Método ISP é capaz de reforçar os resultados expostos no Método de Identificação de Segmentos Críticos.

#### 4.4 Propostas de melhorias

O trecho, conforme o Método ISP que avalia as características viárias ambientais da via, apresenta segmentos com razoáveis condições de segurança, já outros com boas condições de segurança, mesmo assim, ainda há características em que pode-se melhorar.

Entre os quilômetros 75 e 77, as deficiências na superfície asfáltica são mais frequentes quando comparadas ao restante do trecho analisado, isso se deve a menor quantidade de reparos realizadas, como pode ser visto nas Figuras 7 e Figura 8. Apesar de que Ogden (1996) indica que buracos não se destacam como um fator relevante em vista a segurança viária, Cetra (2003) informa que buracos ou imperfeições na via fazem com que o motorista realize manobras bruscas para desviá-los, podendo assim causar acidentes, ainda, quando os veículos atingem diretamente as imperfeições do revestimento, pode ocasionar arruinação de componentes do veículo.

Figura 7 - Condição das linhas demarcatórias



Fonte: Autor (2020).



Figura 8 - Irregularidades no revestimento



Fonte: Autor (2020).

A patologia visualizada na Figura 8 é classificada como escorregamento, esta, que também pode ser encontrada em vários quilômetros, é a patologia mais comum no trecho. Conforme DNIT (2005), as possíveis causas são a ligação inadequada entre o revestimento e a camada de apoio, baixa camada de inércia devido à reduzida espessura, compactação deficiente das misturas asfálticas ou da camada superior de base, ou ainda, devido à fluência plástica do revestimento enquanto à elevadas temperaturas. Portanto, para correção, é necessário a retirada do revestimento para realizar a observação da camada de base, podendo ser necessário realizar a melhor compactação desta, após, colocar novamente um revestimento asfáltico de boa qualidade.

Ainda entre os quilômetros 75 ao início do 78, pode-se observar a falta de manutenção geral das vias, como a insuficiência de tinta nas linhas demarcatórias, além de placas de sinalização não muito visíveis quanto a cor e brilho, como pode ser observado na Figura 9. Segundo o Contran (2004) as placas de sinalização sempre devem estar na posição correta, limpas e legíveis, e ainda, sem que seja impossibilitada de ser visualizada em função da vegetação lateral à via.

Figura 9 - Placa de sinalização com pouca visibilidade



Fonte: Autor (2020).

No quilômetro 78, a macro categoria mais crítica encontrada no Método ISP foi usuários vulneráveis. Como medida cabível, pode-se realizar a instalação de passarela sobre a via, esta que, conforme (FARDIN, 2020) está prevista para ser instalada na futura concessão de duplicação da via.

Pontos em que há interseções de acessos a grandes indústrias ou à localidades rurais, como nos quilômetros 78, 81, 86, 90 e 94, podem ser realizados projetos para implantação de cruzamentos controlados seguindo o Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005). Neste trecho, no quilômetro 84, há um projeto de interseção desenvolvido para acesso à localidades e outras cidades via estrada não pavimentada, conforme a Figura 10. Segundo Fardin (2020) no edital de concessão serão implementadas novas rotatórias com melhorias nos quilômetros 78 e 92.

Figura 10 - Projeto de interseção no quilômetro 84



Fonte: Autor (2020).

Ainda, seguindo o conceito *Forgiving Roads*, que refere-se a aumentar a segurança viária realizando a remoção de objetos laterais à via que possam causar colisões, as pontes existentes nos quilômetros 88, 89, 94 e 95 poderiam conter um projeto com maior largura, que compreendesse inclusive a pista de acostamento, dessa forma, as defensas metálicas ficariam mais afastadas da faixa de tráfego, diminuindo a probabilidade de choques. Uma das pontes, localizadas no quilômetro 94, pode ser vista na Figura 11.

Figura 11 - Pontes



Fonte: Autor (2020).

Entre os quilômetros 90 e 95, a frequência de acessos a comércio e propriedades rurais é muito alta, sendo este o pior condicionante em relação a segurança viária nestes quilômetros, na Figura 12 pode ser observado um destes acessos, localizado no quilômetro 92.

Figura 12 - Acessos inadequados no Segmento 2



Fonte: Autor (2020).



O controle de acesso à uma via com grande importância e fluxo é fundamental. Comércio lindeiro e acessos às propriedades são frequentes na maioria dos segmentos do trecho analisado, sendo mais constantes no Segmento 2. O controle destes poderia ser realizado com vias vicinais ao longo do eixo horizontal da rodovia, dessa forma, reduziria o número de acessos inadequados consideravelmente. Ainda, além da possibilidade de acidentes, a mobilidade e trafegabilidade do trecho é comprometida em função destes acessos. A seção usuários vulneráveis também é afetada negativamente em função do comércio e residências lindeiras à rodovia, para isso, a inserção de passarelas pode ser uma medida efetiva. Conforme Fardin (2020), uma das melhorias previstas para futura concessão e duplicação da via será a instalação de duas passarelas nos quilômetros 90 e 94.

O quilômetro 95 apresenta uma faixa de travessia de pedestres inserida em função da existência de uma escola nas proximidades, porém, tem visibilidade levemente comprometida, que pode ser vista na Figura 13. Esta travessia, realizando-se novamente a pintura, melhorando a visibilidade, promoverá a redução de velocidade dos veículos, visto que a faixa de pedestres será visualizada pelos motoristas de uma maior distância.

Figura 13 - Faixa de travessia de pedestres



Fonte: Autor (2020).

No quilômetro 96, há a presença de afundamentos e ondulações no eixo das pistas, conforme a Figura 14. Este defeito pode comprometer a estabilidade de veículos, principalmente veículos leves, já que quando o veículo passa sobre, é, de certa forma,

arremessado em sentido vertical, erguendo a suspensão do veículo, podendo em casos excepcionais, até descolar as rodas da superfície do pavimento.

Figura 14 - Ondulações na pista



Fonte: Autor (2020).

Conforme DNIT (2005) a causa provável de afundamentos e ondulações é o enfraquecimento de uma ou mais camadas devido a infiltração de água ou também a instabilidade da mistura betuminosa na camada de revestimento. Pode-se visualizar na imagem que no local já foram inseridas camadas de remendo, porém, não surtiram resultados para correção da patologia. Este problema pode ser corrigido retirando-se a camada de revestimento asfáltico e revisando a base e sub-base da via, entendendo que estas devem ser constituídas de materiais adequados para o local, realizando a devida compactação do mesmo. Após, pode-se realizar novamente a inserção da mistura asfáltica com materiais de boa qualidade.

Nos quilômetros 96 e 97 pode-se realizar um estudo para avaliação da superelevação nas curvas, visto que a acidentalidade do tipo tombamento é de 14% no quilômetro 96, e 12% no quilômetro 97. Conforme Pereira et al. (2010) devido à força centrífuga, além do atrito entre pneu e pista, é necessário que se realize um declínio em relação ao lado interno da curva, de modo que a força peso do veículo tenha uma componente na mesma direção e sentido contrário à força centrífuga. Essa deficiência de superelevação pode ser corrigida retirando-se o revestimento asfáltico e corrigindo a base com o acréscimo de aterro, de acordo com a declividade necessária ou, ainda, aumentando o raio de curvatura. Porém, para

aumentar o raio de curvatura, seria necessário haver um relevo mais adequado, visto que os altos taludes laterais à via influenciariam em altos custos para a adequação. Realizando-se as medidas cabíveis, a curvatura ainda ficará mais suave e confortável ao tráfego.

Ainda no quilômetro 97, pode-se realizar o acréscimo de placas de sinalização viária indicando a proximidade de curvas, dando maior ênfase e apontando mais claramente o perigo à frente, visto que, conforme a Figura 15, não apresenta a devida sinalização. Ainda nesta mesma curva, idealizada na Figura 15, em caso de saída de pista do veículo, colidirá diretamente com formações vegetais, assim como em algumas outras curvas nos quilômetros 95, 96. Notou-se também, que no sentido crescente da via, entre os quilômetros 95 e 97, em 8 curvas existentes, apenas 4 possuem as corretas sinalizações verticais indicando curva a frente.

Figura 15 - Inexistência de sinalização vertical



Fonte: Autor (2020).

Na curva apresentada na Figura 15, há a presença de escorregamento de ligante asfáltico, que ocasionou uma patologia no pavimento, a qual pode acarretar no descontrole do veículo, que pode sair da pista e colidir com as formações vegetais.

Entre os quilômetros 96 e 97, pode-se também adequar-se o uso de defensas metálicas em todas curvaturas, visando dessa forma, reduzir a accidentalidade do tipo capotamento, cujo corresponde à 14 % no quilômetro 96 e 15 % no quilômetro 97.



A falta de acostamento (Figura 16) nos pontos em que há pista adicional em função das rampas afeta a segurança viária. Apesar das duas pistas, a não existência de acostamento pode causar insegurança aos motoristas, fazendo com que a tranquilidade necessária ao dirigir seja comprometida.

Figura 16 - Inexistência de acostamento em faixas adicionais



Fonte: Autor (2020).

Questões de visibilidade são comprometidas em algumas curvas no Segmento 3. Na Figura 17, pode-se observar uma formação rochosa implicando na deficiência da visibilidade da sinuosidade horizontal da via. Ainda, em pontos específicos como no quilômetro 85, notou-se a falta de manutenção e limpeza de árvores que provocam a dificuldade de visualização da sinalização vertical, representada na Figura 18. A remoção das formações vegetais e formações rochosas seriam as opções para correção dos problemas de visibilidade.

Figura 17 - Deficiência na visibilidade em curvas



Fonte: Autor (2020).

Figura 18 - Deficiência de visibilidade na sinalização vertical



Fonte: Autor (2020).

Ainda, de forma geral no Trecho, e principalmente no quilômetro 81, a característica elementos longitudinais, disposta nos resultados do Método ISP, capítulo 4.2, é afetada negativamente pela falta de oportunidades de ultrapassagem em alguns quilômetros. Nodari (2003) indica que em rodovias rurais de pista simples, que contém um elevado tráfego de veículos, são comuns locais com ausência de oportunidades de ultrapassagem. Dessa forma, considerando que atualmente o trecho é compreendido por pista simples, e em função do relevo, dificilmente pode-se realizar algo para melhoria desta questão, assim sendo, para correção desta, somente a duplicação da rodovia caberia como medida efetiva.

#### 4.4.1 Duplicação

Conforme DNIT (2010), o volume diário médio (VDM) do trecho apresentou 4.506 veículos, cujo dado foi coletado no mês de maio de 2010 no quilômetro 78. Porém, observando o site da EGR - Empresa Gaúcha de Rodovias, que é responsável pela concessão da rodovia e administradora da praça de pedágio localizada no quilômetro 86, apresentou um volume de tráfego de 4.264.606 veículos no ano de 2019, dividindo-se este valor pelo número de dias no ano de 2019, resulta em 11.683 veículos por dia. Dessa forma, apesar de serem dados de anos diferentes, pode-se observar a disparidade no fluxo de veículos entre os dados de DNIT (2010) e EGR (2019).



Cabe ressaltar que entre os quilômetro 78 a 86 não há nenhuma interseção com fluxo de veículos capaz de alterar de forma significativa o volume de tráfego entre os dois pontos. Ainda, o aumento de 34% na frota de veículos brasileiros entre 2010 e 2018 (IPPUR, 2019), também não impacta o fundamento da diferença entre valores de tráfego de DNIT e EGR.

Ainda, conforme disponibilizado no Quadro 2, no capítulo 3.1.1 deste trabalho, DAER (1991) indica que numa rodovia com VDM superior a 9.000, é necessária a utilização de pista dupla, com controle parcial de acessos.

Dessa forma, visando o volume de tráfego disposto pela EGR, o trecho analisado já deveria estar duplicado. Este volume de tráfego, com a utilização de apenas uma faixa de rolamento por sentido, impacta significativamente na segurança viária aumentando o número de acidentes. Porém, a previsão para término das obras de duplicação no trecho da RSC-287 entre Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires é somente para o 6º ano de contrato da empresa vencedora da concessão, que disputará em leilão previsto para dezembro de 2020 (FARDIN, 2020).

## 5 CONCLUSÃO

A segurança viária é fundamental para redução dos níveis de acidentalidade, além da redução dos custos em função de acidentes. Para isso, a análise do fator viário-ambiental é adequada para avaliar as características físicas no trecho, com o objetivo de realizar a correção dos locais inadequados em relação a segurança viária.

Por meio de análises utilizando o Método de Identificação de Segmentos Críticos, foram encontrados 3 quilômetros denominados críticos, os quilômetros 78, 86 e 97. Já para o Método ISP, foi observado que cerca de 52% dos quilômetros correspondem à classificação potencialmente razoavelmente seguro, enquanto que cerca de 48% dos quilômetros correspondem a classificação potencialmente seguro. Ainda, de forma geral, o Segmento 1 e o Segmento 2 foram classificados como potencialmente seguros, já o Segmento 3, foi identificado como potencialmente razoavelmente seguro.

Verificando os dois métodos utilizados na análise do trecho, foi possível observar que, apesar da assimetria em poucos segmentos, de forma geral um método complementa o outro, podendo, dessa forma, utilizar-se os dois métodos para avaliação de trechos rodoviários. Foi verificado que o Método do DNIT é usado de forma reativa, a partir dos acidentes, e o Método ISP é uma maneira proativa de realizar análises para melhoria da segurança viária. Com isso, é possível visualizar os quilômetros denominados críticos através do método DNIT, e a partir do Método ISP, mediante aos parâmetros dispostos, avaliar as condições viárias-ambientais da via.

Pode-se realizar algumas medidas corretivas para melhoria do trecho. Entre os quilômetros 75 e 77 pode-se realizar a repintura de faixas e sinalização, além da realização de reparos no pavimento asfáltico. Nos quilômetros 78, 81, 86, 90 e 94 podem ser realizados projetos para implantação de cruzamentos controlados. Entre os quilômetros 90 e 95, a frequência de acessos inadequados é muito alta, a abertura de uma estrada vicinal à margem na rodovia seria uma opção para controle destes acessos, além da inserção de passarelas para usuários vulneráveis. Já nos quilômetros 95, 96 e 97, o uso mais frequente de placas de sinalização indicando a alta sinuosidade das curvas, o uso constante de defensas metálicas e a limpeza da vegetação que impede a visibilidade das curvas caberiam como opção mais viável para adequação do trecho.

Conforme a administradora da praça de pedágio localizada no trecho, o volume de tráfego diário passante na via em 2018 foi de 11.683 veículos, todavia, o VDM disposto por DNIT no ano de 2010 foi de 4506 veículos. Sabendo que para um VDM acima de 9.000 veículos por dia é necessária a duplicação da via (DAER, 1991), esta medida se realizada de forma imediata, contribuiria de forma muito eficaz para aumento da segurança viária e redução nos níveis de acidentalidade no trecho.

Dessa forma, apesar do componente viário-ambiental não ser o fator determinante na causa de acidentes, após a verificação e análise do trecho, presume-se que, se o órgão responsável pela via realizar as propostas de melhorias em determinados pontos, seria possível melhorar as condições de segurança viária, além de aumentar a trafegabilidade e conforto aos usuários.

## REFERÊNCIAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. **Highway safety design and operation guide**. Washington, 1997. 118p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10697**: Pesquisa de acidentes de trânsito. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR 15486**: Segurança no tráfego - Dispositivos de contenção viária. Rio de Janeiro, 2007.

AUSTROADS National Office. **Road safety audit**. Austrália, 1994. 103p.

CETRA - Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte. **Seguridad en vías interés nacional. Incidencia de la infraestructura viaria**. Ministerio del Transporte. Havana, Cuba, 2003.

COELHO, H.S. **Análise da Influência das Características Físico-Operacionais das Vias na Ocorrência de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais**. Brasília: Unb, 1999. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia, Universidade de Brasília, 1999.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Orçamento de Investimento de 2020 para o Ministério da Infraestrutura será o menor em 16 anos**. 2019. Brasil. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/c75ee0b7-b25f-4e0d-a83b-f41533f6aa9f.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Sinalização Vertical de Indicação**. Volume III. São Paulo: CONTRAN, 2014. 344 p.

CRBM - COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR. **Estatísticas**: Estudo da acidentalidade. Disponível em: <https://crbm.bm.rs.gov.br/resumo-de-acidentes/>. Acesso em: 09 abr. 2020.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DAER). **Normas de Projetos Rodoviários**. Porto Alegre, 1991. 139 p. Disponível em: <<https://www.daer.rs.gov.br/upload/arquivos/201607/27143350-normas-projetos-geometrico.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 1991.

\_\_\_\_\_. **VDM de Rodovias**. Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<https://www.daer.rs.gov.br/vdm-de-rodovias>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/download/DiretrizesBasicas.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Identificação e Priorização de Segmentos Críticos para Estudos de Intervenção**. Florianópolis, 2010.

\_\_\_\_\_. **Manual de Conservação Rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em : <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf)>. Acesso em 24 out. 2020.

DNIT/UFSC/NEA - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2008. Universidade Federal de Santa Catarina. Núcleo de estudos sobre acidentes de tráfego em rodovias federais. **Relatório de Avaliação das Condições de Segurança Viária**.

EGR - Empresa Gaúcha de Rodovias. **Volume de tráfego**. Disponível em: <<https://www.egr.rs.gov.br/conteudo/1716/volume-de-trafego>>. Acesso em 24 out. 2020.

FARDIN, Iuri. **Edital prevê que duplicação da RSC - 287 será gradual**. Portal Gaz, Santa Cruz do Sul, 24 set. 2020. Disponível em: <[http://www.gaz.com.br/conteudos/regional/2020/09/24/171060-edital\\_preve\\_que\\_duplicacao\\_da\\_rsc\\_287\\_sera\\_gradual.html.php](http://www.gaz.com.br/conteudos/regional/2020/09/24/171060-edital_preve_que_duplicacao_da_rsc_287_sera_gradual.html.php)> . Acesso em 26 out. 2020.

FHWA - Federal Highway Administration. **Prediction of the expected safety performance of rural two-lane highway**. Washington, DC, 2000. 194. p.92.

\_\_\_\_\_. **Safety effectiveness of highway design features** - Volume III: Cross sections.1992.

FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. **Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways**. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440. Washington, DC, 2000. 140p.

GAO - General Accounting Office. **Research Continues on the Variety of factors that Contribute to Motor Vehicle Crashes**. Disponível em: <<https://www.gao.gov/new.items/d03436.pdf>>. Acesso: 22 mai. 2020.

GOLD, P.A. **Segurança no Trânsito: Aplicações de Engenharia para reduzir acidentes**. EUA: BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998.

GOOGLE. **Maps**. 2020. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-29.6705141,-52.3153836,17433m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 06 jun. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2019**. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. **Malha Municipal**. Rio de Janeiro 2017. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 06 jun. 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea**. Brasília: 2015. 20 p. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP\\_Estimativa\\_2015.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf)>. Acesso em: 5 abr. 2020.

IPPUR - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional. **Mapa da Motorização Individual do Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2019. Disponível em: <[https://www.observatoriodasmetrolopes.net.br/wp-content/uploads/2019/09/mapa\\_moto2019v2.pdf](https://www.observatoriodasmetrolopes.net.br/wp-content/uploads/2019/09/mapa_moto2019v2.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2020.

LEAL, Bruno Alexandre Brandimarte. **Análise da influência e características das vias no número e na severidade dos acidentes**: estudo de caso na autoestrada grajaú-jacarepaguá. 2017. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo - Usp. São Carlos, 2017.

LEE, Schu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2002. 418 p.

LUFT, Celso Pedro. **Luft**. 20. ed. São Paulo: Ática, 2001. 688 p.

MACÊDO, Gislene Maia de. **Subjetividade e conflitos no trânsito urbano: desafios às políticas públicas de educação e promoção de saúde**. 2006. Cadernos ESP, 2 (1), 20-8.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Rodovias Federais**. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://antigo.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>>. Acesso em: 08 out. 2020.

NASCIMENTO, Rodrigo . **Santa Cruz sobe oito posições em ranking e está entre as mais desenvolvidas**. Santa Cruz do Sul. 2018. Disponível em: <[http://www.gaz.com.br/conteudos/regional/2018/06/30/123587-santa\\_cruz\\_sobe\\_oito\\_posicoes\\_em\\_ranking\\_e\\_esta\\_entre\\_as\\_mais\\_desenvolvidas.html.php](http://www.gaz.com.br/conteudos/regional/2018/06/30/123587-santa_cruz_sobe_oito_posicoes_em_ranking_e_esta_entre_as_mais_desenvolvidas.html.php)>. Acesso em: 28 mai. 2020.

NCHRP - National Cooperative Highway Research Program. Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features. **Transportation Research Board of the National Academies**. Report, 1993. United States American.

NODARI, Christine Tessele. **Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rurais de Pista Simples**. 2003. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

OGDEN, K. W. **Safer roads: a guide to road safety engineering**. Ashgate Publishing limited, Cambridge: University Press, Cambridge, 1996.

OMS - Organização Mundial da Saúde. **Relatório global sobre o estado da segurança viária**. Relatório, 2010-2013. Genebra: 2015. 16 p. Disponível em: <[https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/Summary\\_GSRR\\_S2015\\_POR.pdf](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRR_S2015_POR.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2020.

PARO, Larissa San Martins. **Contribuição metodológica para identificação de segmentos críticos em rodovias**. 2009. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PEREIRA, Djalma Martins *et al.* **Projeto geométrico de rodovias**. Setor de Tecnologia Departamento de Transportes, Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2010. Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/10139/material/AP\\_OSTILA\\_ProjetoGeometrico\\_2010.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/10139/material/AP_OSTILA_ProjetoGeometrico_2010.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2020.

PEREIRA, Flávia Oliveira *et al.* **Logística de transporte: Um estudo de caso dos desafios do transporte rodoviário para as operações de comércio exterior no Sul de Minas Gerais**. 12º Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015, Varginha - MG. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/9122283.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2020.

PLINE, J. L. (ed). **Traffic Engineering Handbook**. 4ºed. New Jersey: Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall. 1992.

PMVA - PREFEITURA MUNICIPAL DE VENÂNCIO AIRES. . **Aspectos Econômicos**. 2020. Disponível em: <<https://www.venancioaires.rs.gov.br/municipio/002-aspectos-economicos>>. Acesso em: 07 mai. 2020.

PRF - POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Anuário Estatístico de Segurança Rodoviária**. Anual Estatístico, 2010-2017, Brasil. Brasília, 2018. 75 p. Disponível em: <[https://www.infraestrutura.gov.br/images/BIT\\_TESTE/Publica%C3%A7oes/Anuario\\_Estatistico\\_de\\_Seguranca\\_Rodoviaria.pdf](https://www.infraestrutura.gov.br/images/BIT_TESTE/Publica%C3%A7oes/Anuario_Estatistico_de_Seguranca_Rodoviaria.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2020.

RODRIGUES, José Luiz Fuzaro. **Aplicações da técnica de auditoria de segurança viária em segmentos rodoviários no estado de São Paulo - Avaliação crítica e reflexões**. 2010. 119p. Dissertação (Mestrado em Transportes). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

SAMPEDRO, A. **Procedimento para avaliação e análise da segurança de tráfego em vias expressas urbanas**. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

SEBRAE. **Santa Cruz do Sul registra um dos melhores índices de desenvolvimento socioeconômico do Estado.** Rio Grande do Sul 2017. Disponível em: <<https://sebraers.com.br/santa-cruz-do-sul-registra-um-dos-melhores-indices-de-desenvolvimento-socioeconomico-do-estado/>>. Acesso em: 28 mai. 2020.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de projetos rodoviários.** São Paulo: PINI, 2008.

SILVA, Cristiano de Araujo. **Estudo de caso de patologias em pavimentos flexíveis em rodovia do oeste do Paraná.** 2018. Monografia. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Paranaense. Toledo, Paraná. Disponível em: <<https://tcc.unipar.br/files/tccs/31eeb2453bac65658d407b2332be764f.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2020.

SOUZA, Márcia Lopes Rodrigues de. **Procedimento para avaliação de projetos de rodovias rurais visando a segurança viária.** 2012. 206 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/10610>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

TRB - Transportation Research Board. **Strategic plan for improving roadside safety.** National Research Council: Washington, 2001.



## **ANEXOS**



## ANEXO B – Gabarito de notas

		ITENS DO QUESTIONÁRIO	NOTA			
			10	7	3	1
superf	CH	1 Buracos na superfície	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		2 resistência à derrapagem da superfície (verificar a formação de espelhamento)	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		3 Formação de espelhos d' água	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		4 cascalho solto na pista	não tem	eventuais	frequentes	constantes
		5 Desnível entre faixa de tráfego e acostamento (verificar se a saída do veículo pode implicar perda de controle o veículo)	não tem	permite retorno	permite a parada e depois o retorno	não permite retorno
curva		6 Severidade das Curvas (verificar necessidade de reduzir velocidade)	sem curva	curva sem redução velocidade	moderada redução vel.	redução acentuada de vel
		7 Superlargura	sem curva	visível	talvez existente	sem superlargura
		8 Superelevação	sem curva	suficiente	insuficiente	invertida
		9 Quantidade de curvas no segmento (tortuosidade)	sem tortuosidade	eventuais	frequentes	constantes
		10 Combinação entre alinhamento horizontal e vertical (verificar se pode levar a má interpretação do ambiente por parte do motorista)	não tem	compromete pouco a interpretação	compromete moderadamente a interpretação	compromete muito a interpretação
inters.	NO	11 Interseções (verificar uso de canalizações e faixas adicionais)	não tem	bom projeto	projeto regular	projeto deficiente
		12 Iluminação artificial nas interseções	não tem	boa iluminação	iluminação deficiente	sem iluminação
sinal V e H	NO	13 Linhas demarcadoras das faixas	linhas bem visíveis	linhas desbotadas	linhas ora visíveis ora ausentes	sem linhas
		14 Tachas refletivas usadas nos limites das faixas de rolamento (verificar presença em situações potencialmente perigosas como curvas, interseções e acessos)	sempre presentes e visíveis	presentes e visíveis nas situações potencialmente perigosas	presentes mas pouco visíveis	não tem
	NO	15 Credibilidade da informação veiculada pela sinalização vertical e horizontal (verificar coerência ou discrepância com a realidade da via)	boa credibilidade	moderada credibilidade	pequena credibilidade	nenhuma credibilidade
		16 Quantidade de placas de advertência, regulamentação e indicativas (verificar se não existe excesso/falta de informação necessária)	quantidade adequada	quantidade levemente inadequada (excesso ou falta)	quantidade moderadamente inadequada (excesso ou falta)	quantidade inadequada (excesso ou falta)
		17 Uso de balizadores em curvas	não tem curvas	uso adequado (inclusive ausência)	uso inadequado	ausência de balizadores necessários
		18 Legibilidade e destaque das placas de sinalização (verificar visibilidade noturna e/ou destaque frente a vegetação-anúncios comerciais e/ou manutenção da placa, incluindo obstrução pela vegetação)	adequada	pequena deficiência	moderada deficiência	grande deficiência
e em long		19 Perfil longitudinal (rampas) (verificar necessidade de redução da velocidade de veículos pesados ou de baixa potência)	sem rampa	rampa não causa redução de velocidade	moderada redução de velocidade.	redução acentuada de velocidade
		20 Oportunidades de ultrapassagem (verificar linha tracejada ou 3ª faixa)	oportunidades constantes	oportunidades frequentes	oportunidades eventuais	ausência de oportunidades
		21 Distâncias de visibilidade em curvas H e V e interseções (verificar restrição por elementos como vegetação, postes, placas, curvas H e V)	plano, reto e sem interseção	boa visualização	visualização comprometida	visualização muito comprometida

Fonte: Nodari (2003).

ANEXO C - Número de acidentes relativo a cada quilômetro, ordenado pelos quilômetros com maior índice de acidentes.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA  
BRIGADA MILITAR  
COMANDO RODOVIÁRIO

KM(s) COM MAIOR INDICE DE ACIDENTES

DATA INICIAL 2015-01-01  
DATA FINAL 2019-12-31

KM INICIAL 75  
KM FINAL 97

SEQ	RODOVIA	KM	TOTAL DE ACID	NR VEIC ENV	FERIDOS	MORTOS
1	RSC287	78	55	112	53	0
2	RSC287	97	34	64	28	0
3	RSC287	86	24	60	9	0
4	RSC287	81	24	47	21	3
5	RSC287	92	22	46	18	2
6	RSC287	96	21	39	11	1
7	RSC287	87	19	46	8	0
8	RSC287	95	18	37	11	0
9	RSC287	82	15	28	7	3
10	RSC287	91	13	27	9	1
11	RSC287	79	13	26	20	2
12	RSC287	84	11	19	16	0
13	RSC287	80	11	23	5	4
14	RSC287	85	11	27	4	0
15	RSC287	90	10	18	9	0
16	RSC287	94	9	16	10	1
17	RSC287	93	9	19	7	1
18	RSC287	83	6	14	8	0
19	RSC287	89	6	13	2	0
20	RSC287	75	5	8	1	0
21	RSC287	77	3	5	2	0
22	RSC287	88	3	6	2	0
23	RSC287	76	2	5	2	1

TOTAIS			344	705	263	19
--------	--	--	-----	-----	-----	----

Fonte: COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR (2020).



**UNIVATES**

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000  
[www.univates.br](http://www.univates.br) | 0800 7 07 08 09